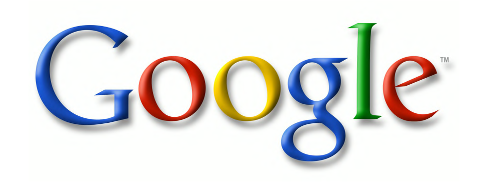
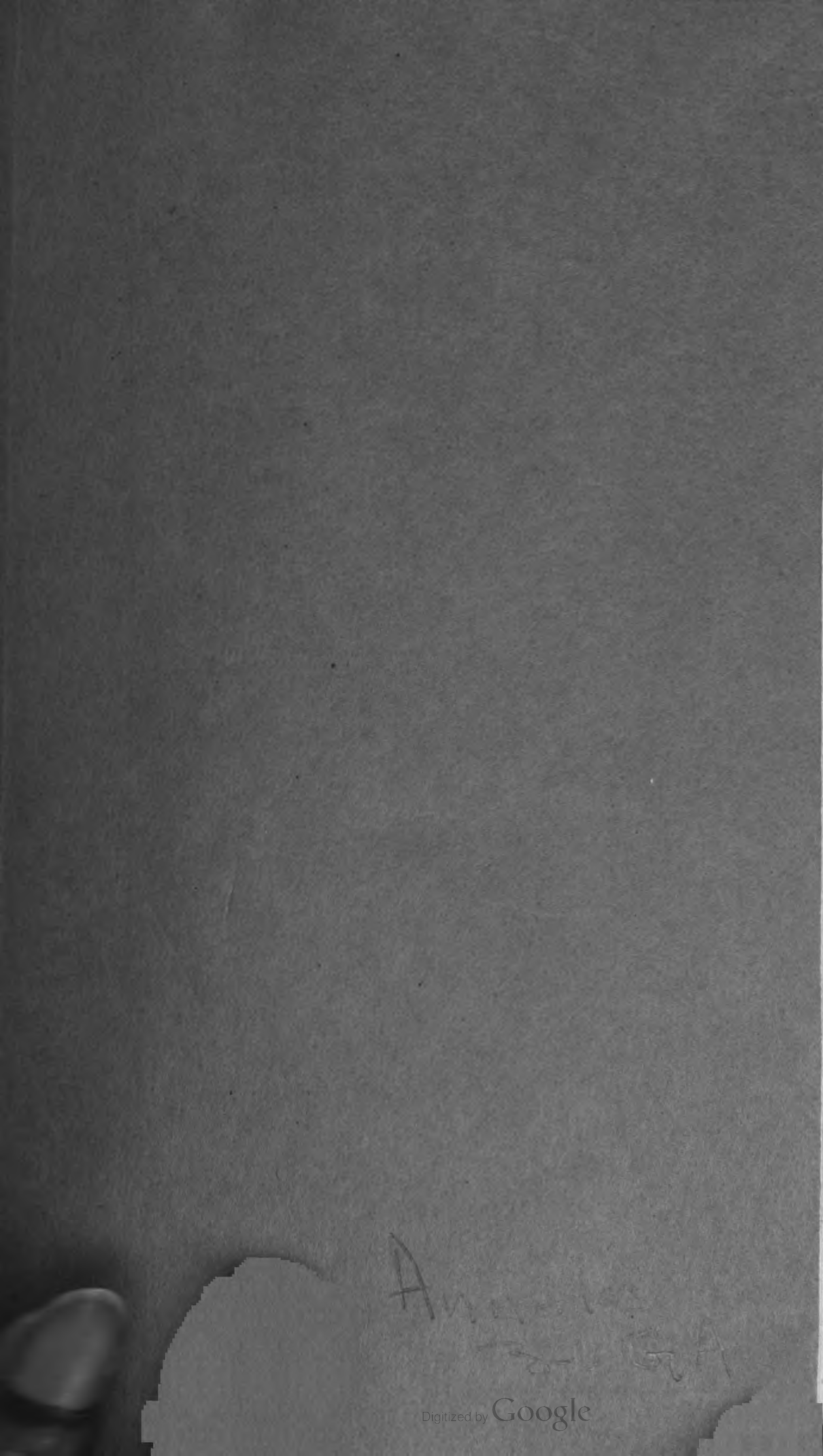




Annales télégraphiques







ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

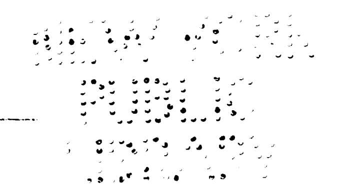
PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME XII

Année 1885



PARIS

Vve Ch. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1885 H.


ASTOR LIBRARY
JUL
17
1893
NEW YORK

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 **Janvier-Février**

ÉCHAUFFEMENT
DES CONDUCTEURS ÉLECTRIQUES

On parle beaucoup depuis trois ans de distribution d'électricité : il n'est donc pas inutile de signaler dans ce recueil deux mémoires récemment parus et portant sur l'échauffement des conducteurs ; c'est là en effet un point important du problème. L'un de ces mémoires, dû à M. Alexandre Perényi, ingénieur à Budapest, est plutôt mathématique ; l'autre, dû au professeur G. Forbes, envisage la question sous un jour plus pratique, et, grâce à quelques tables et exemples numériques, frappe l'esprit davantage (*). C'est ce qui nous décide à le résumer de préférence au premier : ce mé-

(*) M. Perényi avait déjà, au début de l'année, publié dans l'*Electrotechnische Zeitschrift* une étude développée sur les conducteurs destinés aux courants de grande intensité.

Le Mémoire de M. Forbes, à côté de résultats nouveaux, résume, en certaines parties, quelques-uns de ses travaux antérieurs.

moire rectifie d'ailleurs plusieurs opinions assez répandues et qu'on néglige de contrôler. Or, le contrôle est nécessaire, ne serait-ce qu'au point de vue industriel, s'il est vrai que les gens les plus habitués à manier l'électricité, comme M. Edison, se laissent surprendre à cet égard : celui-ci établissant à New-York un réseau destiné à l'éclairage électrique, n'aurait pu, dit-on, alimenter par cheval-vapeur qu'environ trois lampes à incandescence de seize bougies, au lieu de huit sur lesquelles il avait compté ; cinq huitièmes de la force se perdaient dans les conducteurs (*). Le professeur Forbes a négligé ces considérations et n'a visé que la question de sécurité.

On a souvent prétendu éviter un échauffement trop considérable des fils en appliquant la règle générale suivante : « Faire passer un courant de tant d'ampères par millimètre carré. » Or, la chaleur développée en une seconde par un courant est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle au carré de l'intensité et à la résistance ; d'autre part, la chaleur perdue par rayonnement est, en supposant applicable la loi de Newton, proportionnelle à la surface de rayonnement et à la différence de température entre le conducteur et l'air ambiant. Supposons que la section du conducteur devienne quadruple et que, d'après la règle ci-dessus, on y fasse passer un courant d'intensité quadruple ; la résistance étant devenue quatre fois moindre, la chaleur développée, proportionnelle au carré de l'intensité et à la résistance, sera en fin de compte quatre fois plus grande ; après établissement du régime perma-

(*) Le travail absorbé par l'échauffement d'un conducteur de 1 ohm de résistance à travers lequel passe un courant de 1 ampère est de 0,102 kilogrammètre par seconde.

nent, le conducteur devra donc abandonner par seconde quatre fois plus de chaleur que précédemment; cette déperdition s'opérant par une surface double seulement de la première, la chaleur rayonnée par centimètre carré doit être double de ce qu'elle était auparavant, c'est-à-dire que la différence de température entre le fil et l'air aura dû elle-même doubler; d'une façon générale, on arrive à ce résultat bizarre de laisser les conducteurs s'échauffer d'autant plus qu'ils sont plus gros. Si l'on fixe le nombre d'ampères par millimètre carré en ayant en vue les gros conducteurs, on s'interdit de tirer des petits le meilleur parti. Que la loi précédente trouve place sans restriction dans une réglementation générale, parce qu'on n'en peut indiquer clairement de plus exacte, nous l'admettons, bien qu'il semble préférable de faire des catégories; mais on doit considérer que c'est là un pis-aller et pas autre chose. On verra tout à l'heure que les phénomènes sont beaucoup plus complexes que ne paraît le supposer la règle en question.

Mais, avant de résumer le mémoire du professeur Forbes, nous montrerons, par l'examen de deux cas théoriques laissés par lui de côté et traités par M. Perényi, dans quel esprit celui-ci a abordé le problème.

Soit

Q la quantité de chaleur engendrée en une seconde,
U l'accroissement en une seconde de la chaleur intérieure du corps,
V la quantité de chaleur perdue par le corps en une seconde.

On a, la quantité de chaleur produite étant égale à la quantité de chaleur acquise par le corps augmentée de la quantité de chaleur perdue,

$$Q = U + V. \tag{1}$$

Échauffement sans perte de chaleur. — Dans la pratique, ce cas n'existe tout au plus qu'approximativement. On a alors, en supposant l'intensité constante, U = constante et V = 0. Or, si l'on désigne par l la longueur et D le diamètre d'un fil en centimètres, par ω la capacité calorifique en calories-grammes d'un centimètre cube de la matière qui le constitue, par T la différence de température entre le corps et le milieu ambiant atteinte au bout de t secondes, la chaleur intérieure acquise sera, en calories-grammes,

$$(2) \qquad Ut = \omega\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 lT = AT.$$

D'autre part, I représentant l'intensité en ampères du courant qui traverse le fil, R la résistance spécifique du corps dont il est formé (*), le travail correspondant à la chaleur produite pendant une seconde sera

$$I^2 \frac{R}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} l \times 10^7 \text{ ergs } (^{**}).$$

Cette chaleur est donc égale à

$$(3) \quad \begin{cases} Q = I^2 \dfrac{R}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} l \times \dfrac{1}{4,2} \\ \quad = I^2 \dfrac{R}{\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} l \times 0,24 \text{ calories-grammes } (^{***}). \end{cases}$$

et comme

$$Q = U,$$

$$\frac{I^2}{D^4} = \frac{1}{16 \times 0,24} \frac{\omega\pi^2}{R} \frac{T}{t}.$$

(*) Résistance de 1 centimètre cube du corps entre deux faces opposées du cube.

(**) 100.000 × 981 ergs valent 1 kilogrammètre. — On prend comme équivalent de la chaleur 4,2 × 10^7 ergs.

(***) On néglige ici la variation de la résistance avec la température.

On peut en particulier calculer T_0 pour $t = 1$: ce sera une valeur approchée pour les conducteurs perdant de la chaleur.

L'équation (2) est celle d'une droite OZ (*fig.* 1), dont les ordonnées représentent les accroissements T de température et les abscisses les temps t.

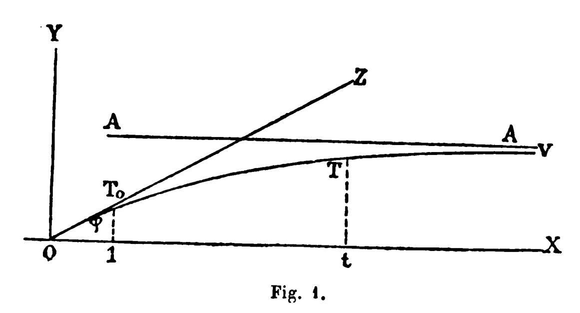


Fig. 1.

Échauffement accompagné de perte de chaleur. — Lorsqu'il y a perte de chaleur, la vitesse d'échauffement $\frac{dT}{dt}$ diminue peu à peu et au bout de quelque temps devient nulle : la température devient constante. En prenant encore comme ordonnées T et comme abscisses t, on obtient une courbe OV (*fig.* 1), qui part de l'origine, s'élève d'abord rapidement au-dessus de l'axe des x, puis devient asymptote à une parallèle AA à cet axe ; la distance de cette asymptote à l'axe des x représente la plus grande différence de température qui puisse exister entre le conducteur et le milieu ambiant.

Équation de la courbe dans le cas où la loi de Newton est applicable. — La perte de chaleur, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle à la différence entre la température du corps et celle du milieu environnant. Pendant le temps très court dt, la perte sera $BT\,dt$, B étant une constante : pendant ce

même temps la température du conducteur augmente de dT et la chaleur intérieure de AdT, A étant le coefficient de l'égalité (2). D'autre part, la quantité de chaleur produite est Qdt, Q étant constant. On a donc

$$Q\,dt = A\,dT + BT\,dt,$$

d'où, en intégrant de 0 à T

$$t = A\int_0^T \frac{dT}{Q - BT},$$

c'est-à-dire

$$t = \frac{A}{B}\log_e \frac{Q}{Q - BT},$$

ou

$$T = \frac{Q}{B}\left(1 - e^{-\frac{B}{A}t}\right). \tag{4}$$

D'après ces formules, la vitesse d'échauffement $\frac{dT}{dt}$ ne deviendrait nulle qu'au bout d'un temps infini : en réalité, la constance de la température est obtenue après une action prolongée du courant quand il s'agit de températures basses et assez rapidement pour les hautes températures.

Quand la formule (4) est valable, on voit que la différence maxima de température atteinte au bout de $t = \infty$ est $T = \frac{Q}{B}$. Cette valeur de T est représentée dans la *fig.* 1 par la distance de l'asymptote à l'axe des x.

Nous allons maintenant passer en revue les cas examinés par le professeur Forbes :

I. Fils nus aériens;
II. Câbles aériens ou submergés;
III. Câbles souterrains;
IV. Bobines.

I. — Fils nus aériens.

Étant donnés le diamètre D, *la résistance spécifique en ohms* R, *le coefficient d'émission* E (*) *d'un conducteur, déterminer l'intensité* I *en ampères du courant qui devra le traverser pour élever de* t *degrés centigrades la température du conducteur au-dessus de la température de l'air ambiant.*

Après établissement du régime permanent, la chaleur perdue en une seconde au profit du milieu environnant par une longueur de un centimètre de fil est égale à la chaleur qui y est engendrée dans le même temps.

La première est représentée par $\pi D t E$ calories-grammes.

La seconde correspond à un travail de $I^2 \dfrac{R}{\pi\left(\dfrac{D}{2}\right)^2} \times 10^7$

ergs; elle est égale, comme nous l'avons déjà vu, à $I^2 \dfrac{R}{\pi\left(\dfrac{D}{2}\right)^2} \times \dfrac{1}{4,2}$ ou

$$I^2 \frac{4R}{\pi D^2} \times 0,24 \text{ calories grammes.}$$

En exprimant que la chaleur perdue est égale à la chaleur engendrée, on a donc

$$\pi D t E = I^2 \frac{4R \times 0,24}{\pi D^2},$$

ou

$$(\alpha) \qquad I^2 = D^3 t \frac{\pi^2 E}{4R \times 0,24}.$$

(*) Chaleur en calories-grammes émise par seconde et par centimètre carré de surface pour une différence de température de 1 degré entre le corps constituant le conducteur et l'air ambiant.

Pour des fils de même matière et une même élévation de température, les diamètres sont donc entre eux comme les puissances $\frac{2}{3}$ des intensités. La chaleur perdue peut l'être d'ailleurs d'une manière quelconque, pourvu qu'elle soit proportionnelle à la surface.

Un exemple numérique fera saisir l'importance relative des trois quantités D, I et *t*.

Prenons des fils de cuivre. On a :

$R = \frac{1.642}{10^9}$ ohms à 0° centigrade. . } Matthiessen, *Philosophical Magazine*, mai 1865.

$E = \begin{cases} 0{,}000168 \text{ pour le cuivre poli} \\ 0{,}000320 \text{ — — noirci} \end{cases}$ } Mac Farlane, *Proceedings*, R. S. Edimbourg, 1872.

En portant ces coefficients numériques dans la formule (α), on trouve que pour maintenir la température d'un fil en cuivre poli à 1 degré au-dessus de la température ambiante, il faut un courant de 1 ampère si le diamètre est de 1 millimère et un courant de $5^a,2$ si le diamètre est de 3 millimètres. Noircis, les mêmes fils exigeraient des courants de $1^a,4$ et $7^a,2$.

Nous avons négligé les variations de résistance avec la température, mais on ne peut le faire dès que celle-ci devient notablement différente de 0°.

Le fait suivant montre l'influence qu'exerce en pratique la température sur la résistance et l'importance que présente dès lors le refroidissement du conducteur. Un courant dû à la force électromotrice *constante* fournie par une machine traverse un conducteur en cuivre d'une longueur et d'une section constantes. Sous forme de fil le conducteur rougit; aplati, il cesse d'être lumineux; enfin, en lame très mince, il reste parfaitement froid et la machine est presque arrêtée. La résistance très grande lors de l'incandescence diminue

considérablement quand on passe à la lame froide et le travail demandé à la machine s'accroît assez pour en provoquer l'arrêt.

Il est avantageux en général de prendre, à sections égales, des lames et non des fils ; un moindre échauffement laisse plus constante la résistance : de plus, les conducteurs aplatis reviendraient probablement moins cher.

TABLE I.

Fils nus en cuivre. — Intensité du courant qui élève la température du fil de t^{o} au-dessus de la température ambiante.

DIAMÈTRE en centimètres.	INTENSITÉ EN AMPÈRES.									
	$t = 1^{o}$.		$t = 9^{o}$.		$t = 25^{o}$.		$t = 49^{o}$.		$t = 81^{o}$.	
	Poli.	Noirci.	Poli.	Noirci.	Poli.	Noirci.	Poli.	Noirci.	Poli.	Noirci.
0,1	1	1,4	3	4,1	4,8	6,6	6,5	8,9	7,9	11
0,2	2,8	3,9	8,3	11,5	13,5	18,7	18,3	25,3	22,4	31
0,3	5,2	7,2	15,3	21,2	24,9	34,4	33,5	46,4	41,2	57
0,4	8	11	23,6	32,7	38,3	53	51,7	71.5	63,4	87,8
0,5	11,1	15,4	33	45,7	53,5	74,1	72,2	99,9	88,6	123
0,6	14,6	20,3	43,4	60	70,3	97,4	94,9	131	116	161
0,7	18,5	25,6	54,6	75,6	88,7	123	119	165	147	203
0,8	22,6	31,2	66,7	92,4	108	150	146	202	179	248
0,9	26,9	37,3	79,6	110	129	179	174	241	214	296
1,0	31,5	43,6	93,3	129	151	210	204	283	251	347
2,0	89,2	123	264	365	428	593	577	799	709	981

II. — Câbles aériens ou submergés.

Soit r_1 le rayon du conducteur, r_2 le rayon de l'isolant : en admettant $\frac{r_2}{r_1} =$ constante, trouver la

relation entre l'intensité I_1, le rayon r_1 et la différence de température t entre le conducteur et le milieu environnant le câble.

Une fois le régime permanent établi, la chaleur H engendrée en une seconde dans le conducteur sur une longueur de 1 centimètre est égale à la chaleur perdue sur la même longueur et dans le même temps à travers l'isolant.

Soit :

R la résistance spécifique du conducteur en ohms,
K le coefficient de conductibilité calorifique de l'isolant,
t_1 la différence de température entre le conducteur et la couche extérieure de l'isolant.

Considérons maintenant l'isolant comme formé de couches concentriques; r étant le rayon intérieur de l'une d'elles, la surface correspondant à une longueur de 1 centimètre en sera $2\pi r$: si dr en est l'épaisseur et si dt est la différence de température des deux faces, on aura, d'après la définition même de Fourier pour la conductibilité :

$$H = -K \frac{2\pi r\, dt}{dr},$$

d'où

$$\frac{dr}{d} = -\frac{2\pi K}{H} dt.$$

et en intégrant de r_1 à r_2

$$\log_e \frac{r_2}{r_1} = \frac{2\pi K}{H} t_1.$$

ce qui donne

$$H = \frac{2\pi K t_1}{\log_e \frac{D_2}{D_1}},$$

D_1 et D_2 étant les diamètres correspondant à r_1 et r_2.

D'autre part la loi de Joule donne pour la chaleur

engendrée dans un centimètre du conducteur :

$$H = I_1^2 \frac{R}{\pi\left(\frac{D_1}{2}\right)^2} \times 0,24.$$

On a donc

$$I_1^2 \frac{R}{\pi\left(\frac{D_1}{2}\right)^2} \times 0,24 = \frac{2\pi K t_1}{\log_e \frac{D_2}{D_1}},$$

d'où

$$I_1 = \sqrt{\frac{\pi^2 D_1^3 K t_1}{0,48 \times R \log_e \frac{D_2}{D_1}}}.$$

Pour une même valeur de t_1, si le rapport $\frac{D_2}{D_1}$ est constant, l'intensité est donc proportionnelle à D_1 diamètre du conducteur. Mais t_1 est la différence de température entre la couche interne et la couche externe de l'isolant. Or cette dernière n'est généralement pas à la température de l'air ambiant : soit t_2 la différence entre ces deux températures. En gardant les notations employées ci-dessus pour le fil nu, nous avons pour le flux de chaleur

$$H = \pi D_2 t_2 E,$$

et comme $H = \frac{2\pi K t_1}{\log_e \frac{D_2}{D_1}}$, il en résulte

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{D_2 E \log_e \frac{D_2}{D_1}}{2K},$$

d'où

$$t = t_1 + t_2 = t_1 \frac{2K + D_2 E \log_e \frac{D_2}{D_1}}{D_2 E \log_e \frac{D_2}{D_1}},$$

et

$$(\beta) \qquad I_1^2 = \frac{\pi^2 D_1^2 K}{0{,}48\,R}\, t \times \frac{D_2 E}{2K + D_2 E \log_e \frac{D_2}{D_1}}.$$

Comme vérification, lorsque $D_1 = D_2$, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas d'isolant, on retombe sur la formule précédemment trouvée pour le fil nu $\left(\log_e \frac{D_2}{D_1} = 0\right)$

$$(\alpha) \qquad I^2 = D^3 t\, \frac{\pi^2 E}{4R \times 0{,}24}.$$

Comparons, à l'aide des formules (α) et (β), les intensités de courants qui, pour une même valeur de D, donnent une même élévation de température t dans le fil nu et dans le fil isolé, toutes choses égales d'ailleurs. On a

$$\frac{I^2}{I_1^2} = \frac{D^3 t\, \frac{\pi^2 E}{4R \times 0{,}24}}{\frac{D_1^2 D_2 \pi^2 K E_1 t}{2R \times 0{,}24} \times \frac{1}{2K + E_1 D_2 \log_e \frac{D_2}{D_1}}},$$

et

$$D = D_1$$

Soit, par exemple :

$$E = 0{,}0002 \text{ pour le cuivre,}$$
$$E_1 = 0{,}0003 \text{ pour l'isolant.}$$

il vient

$$\frac{I^2}{I_1^2} = \frac{2}{3}\frac{D_1}{D_2}\frac{1}{2K}\left(2K + D_2 E_1 \log_e \frac{D_2}{D_1}\right) = \frac{2}{3}\frac{D_1}{D_2}\frac{1}{2}\left(2 + \frac{D_2 E_1}{K}\log_e \frac{D_2}{D_1}\right).$$

En prenant 0,0005 pour valeur de K d'après les expériences de Péclet (*) sur la gutta-percha, on

(*) Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation, 1853, p. 172. — Les nombres fournis par Péclet doivent être divisés par 360 pour représenter les résultats dans le système centimètre, gramme-masse, seconde, employé dans la présente étude.

trouve

$$I \gtrless I_1$$

suivant que

$$D_1\left(2 + \frac{3}{5} D_2 \log_e \frac{D_2}{D_1}\right) \gtrless 3 D_2,$$

Prenons comme cas particuliers (1) $D_2 = 2D_1$ et (2) $D_2 = 4D_1$

$$I \text{ sera } \gtrless I_1$$

suivant que

(1) D_2 sera $\gtrless$ 9,6, c'est-à-dire $D_1 \gtrless$ 4,8 centimètres,

(2) D_2 sera $\gtrless$ 12,0, c'est-à-dire $D_1 \gtrless$ 3,0 centimètres.

Isolés, les conducteurs de diamètres ordinaires, c'est-à-dire moindres que ceux qui viennent d'être indiqués, pourront donc, sans s'échauffer davantage, être traversés par des courants plus énergiques que les conducteurs nus (à condition que l'isolant ne subisse pas un ramollissement trop grand).

Ce résultat qui semble, au premier abord, contraire aux idées généralement reçues, peut néanmoins s'expliquer. L'isolant joue, au point de vue calorifique, un double rôle :

1° Par son faible pouvoir conducteur, il fait obstacle à la déperdition de chaleur; la chaleur produite est renfermée, pour ainsi dire, dans l'âme et les couches de l'isolant immédiatement avoisinantes, et si l'on est amené à lancer des courants énergiques dans de gros câbles dont tous les éléments linéaires, longueur mise à part, croissent dans le même rapport, il peut arriver que les fils nus soient préférables et s'échauffent moins;

2° L'isolant, bien que mauvais conducteur de la

chaleur, conduit mieux encore qu'une couche d'air égale et augmente la surface de refroidissement.

L'effet apparent est la résultante des deux effets précédents.

Le calcul montre qu'à chaque valeur $\frac{D_2}{D_1}$ correspond une valeur limite D_1 au-dessus de laquelle il se produit un échauffement moindre avec un fil nu qu'avec un fil recouvert d'un isolant.

Voici une table où sont indiquées quelques-unes de ces valeurs correspondantes :

$\frac{D_2}{D_1}$	D_1 diamètre limite
2	4,8 centimètres
4	3,0 —
6	2,5 —
8	2,2 —
10	2,0 —
100	1,0 —

Comme il faut un certain temps, plusieurs heures quelquefois, pour atteindre le régime permanent, il se peut très bien que, dans un travail peu prolongé, l'emploi de courants d'intensités supérieures à celles que nous avons indiquées soit sans inconvénients.

On doit remarquer enfin que, pour les câbles aériens, la différence t_2 a souvent une valeur notable : au contraire, pour les câbles plongés dans l'eau, la surface extérieure de l'isolant et l'eau sont *généralement* à la même température. Tant que cette hypothèse est vérifiée, si l'on admet dans l'un et l'autre cas la même température T pour l'âme, et si l'on considère de l'air et de l'eau à la même température θ, on a d'une part

$$T = t_1 + t_2 + \theta \quad \text{(câbles aériens)},$$

et de l'autre, t'_1 représentant la différence entre la température de l'âme et celle de l'eau

$$T = t'_1 + \theta \quad \text{(câbles submergés)}.$$

On en déduit $t'_1 = t_1 + t_2$.

D'après la formule

$$I_1^2 = \frac{\pi^2 D_2^2 K t_1}{0{,}48 \times R \log_e \frac{D_2}{D_1}},$$

les intensités I_1 et I'_1 correspondant aux différences t_1 et t'_1 sont entre elles comme les racines carrées de ces dernières quantités

$$\frac{I_1'^2}{I_1^2} = \frac{t'_1}{t_1} = \frac{t_1 + t_2}{t_1}.$$

L'immersion du câble permettrait donc de le faire traverser par un courant plus énergique.

III. — Conducteurs souterrains.

Les conducteurs enfouis sous terre échauffent d'abord le sol environnant, puis, au bout de quelques heures, le régime permanent s'établit : une faible partie de la chaleur pénètre dans les couches sous-jacentes, mais la majeure partie se perd dans l'atmosphère à travers les couches supérieures du sol.

On sait que la conductibilité de celui-ci est faible : les variations diurnes ou annuelles de la température y produisent pour ainsi dire des ondes calorifiques dont la propagation est lente. Certaines expériences ont montré qu'à une profondeur de 8 mètres environ la température maxima correspond au milieu de l'hiver et la variation annuelle de la température est $\frac{1}{23}$ de

celle de la surface. Quant aux variations diurnes, elles sont à peine perceptibles à une profondeur de 70 centimètres.

En somme la question est fort compliquée et nous ne chercherons à la résoudre que dans un cas particulièrement favorable, celui d'une lame placée dans un plan horizontal au-dessous du sol.

Soit une lame de cuivre de 1 *centimètre d'épaisseur, d'une largeur* b, *enterrée à une profondeur* d *et parcourue par un courant d'intensité* I : *soient encore* t *l'excès de température de la lame sur celle de la surface du sol et* t′ *l'excès de la température de cette dernière sur la température des couches atmosphériques contiguës. On demande comment sont liées ces quantités quand le flux de chaleur a atteint un régime permanent.*

La chaleur engendrée en une seconde dans un centimètre de la lame est

$$\frac{I^2 R \times 0,24}{b}.$$

La chaleur perdue est

$$E b t'.$$

On a donc

$$\frac{I^2 R}{b} \times 0,24 = E b t', \quad \text{d'ou} \quad I^2 = \frac{E b^2 t'}{R \times 0,24}.$$

Soit 10° la valeur maxima de t' (bien qu'on ne puisse guère la supposer en réalité supérieure à 5°) et prenons $E = 0,0003$.

Il vient

$$I^2 = \frac{b^2}{80 R}.$$

L'équation de conductibilité donne

$$\frac{I^2R}{b} \times 0,24 = \text{chaleur qui traverse le sol} = \frac{Kbt}{d},$$

et si $K = 0,004$, on obtient, en égalant les deux valeurs de I^2

$$I^2 = \frac{0,004\,b^2t}{0,24\,Rd} = \frac{b^2}{80\,R},$$

d'où

$$t = 0,75\,d.$$

Avec une profondeur de 60 centimètres environ, la différence de température entre la surface du sol et le conducteur est de 45° et celle entre le conducteur et l'atmosphère est de 55°. En plaçant dans les rues le conducteur presque immédiatement sous le pavage, nous diminuerions la valeur de t ; mais on peut admettre une différence de 50° et placer le conducteur à environ 60 centimètres.

Prenons $t = 50°$ et soit 15° la température de l'air : cherchons les valeurs correspondantes de I et de b.

On a

$$I^2 = \frac{b^2}{80\,R}.$$

Dans le cas où nous nous sommes placés

$$R = 2,031 \times 10^{-6} \text{ ohms},$$

d'où

$$I = \frac{b \times 10^3}{\sqrt{162,48}} = 25\,b$$

M. Forbes a calculé les valeurs de I correspondant à plusieurs valeurs de b pour un conducteur souterrain en cuivre épais de 1 centimètre, placé à 60 centimètres de profondeur, la différence de température entre le conducteur et l'air ne dépassant pas 50° et celle entre la surface du sol et l'air 10°.

TABLE II.

LARGEUR du conducteur.	DIAMÈTRE d'un fil de même section.	INTENSITÉ du courant.
Cm	Cm	Ampères
10	3,5	250
40	7,0	1.000
90	10,5	2.250
160	14,0	4.000

Les coefficients numériques employés n'étant pas déterminés avec une certitude complète, il serait intéressant de vérifier ces résultats par l'expérience.

IV. — Bobines.

Ce cas présente une importance réelle ; car les accidents qui se produisent dans les machines électriques, les solénoïdes régulateurs de lampes, etc., proviennent très fréquemment d'une surchauffe des conducteurs ; les isolants sont brûlés, les soudures fondues, et de ce fait existent de doubles frais : ceux correspondant à l'arrêt des machines, ceux occasionnés par les réparations. Une solution, même approchée, du problème offre donc un véritable intérêt.

Considérons deux bobines de même grandeur, formées de fils de diamètres différents, le volume et le poids de ceux-ci restant les mêmes : D étant le diamètre du fil, la longueur en est proportionnelle à $\frac{1}{D^2}$ et la section à D^2 ; la résistance l'est donc à $\frac{1}{D^4}$ et la chaleur développée dans le circuit à $\frac{I^2}{D^4}$. D'autre part, la surface est la même dans les deux bobines, d'où il

suit que, si elles sont à la même température, la chaleur émise dans l'unité de temps est constante de l'une à l'autre. On a donc, a étant une constante,

$$\frac{I^2}{D^4} = a^2.$$

ou

$$I = aD^2,$$

Pour que la même température soit atteinte dans des bobines de mêmes dimensions, l'intensité doit varier comme la section du fil employé.

M. Forbes a vérifié expérimentalement cette loi. Il prit deux tubes de cuivre égaux munis de joues et fermés à l'une de leurs extrémités ; il enroula dessus des poids égaux de fils de deux diamètres différents. Il remplit d'eau l'intérieur, plongea dans chacun un thermomètre et fit passer un courant croissant d'intensité jusqu'à ce qu'une température déterminée fût atteinte dans l'un et l'autre tube : à ce moment les intensités étaient entre elles comme les carrés des diamètres.

D'une façon plus générale :

Soient deux bobines semblables et n *le rapport de similitude ; soit* n *également le rapport des diamètres des fils enroulés. Quels courants faudra-t-il pour élever les deux bobines à la même température?*

I, R, H étant l'intensité, la résistance et la chaleur engendrée dans la plus petite bobine, I′, R′, H′ les quantités correspondantes pour la plus grande.

Nous avons

$$I^2R = aH, \quad a \text{ étant une constante},$$
$$I'^2R' = aH',$$
$$R' = \frac{R}{n}.$$

En outre, comme les températures sont égales, la

chaleur émise dans les deux cas est proportionnelle aux surfaces qui sont entre elles comme n^2 et 1. La chaleur engendrée étant égale à la chaleur perdue, on a

$$H' = n^2 H,$$

ou

$$I'^2 R' = n^2 I^2 R,$$

ou

$$I'^2 \frac{R}{n} = n^2 I^2 R,$$

ou enfin

$$I'^2 = n^3 I^2,$$

c'est-à-dire que les carrés des intensités sont entre eux comme les cubes des dimensions linéaires.

Expérience. On a pris deux bobines présentant les dimensions suivantes :

Petite bobine :	Longueur.	50^{mm}
	Diamètre du tube. . .	13^{mm}
	Diamètre du fil	$1^{mm},05$
Grande bobine :	Longueur	100^{mm}
	Diamètre du tube. . .	$25^{mm},7$
	Diamètre du fil	$2^{mm},09$

Ici $n = 2$; $n^{\frac{3}{2}} = 2,83$ est la valeur que la théorie indique pour $\frac{I'}{I}$. Or, en amenant les deux bobines à une température de 63°, en a trouvé par expérience $\frac{I'}{I} = 2,72$. L'accord est satisfaisant.

Calculons en outre l'intensité I du courant qui parcourt une bobine dont on connaît la résistance, la surface de refroidissement et l'élévation de température.

ρ résistance d'une bobine en ohms à la température limite admise,
S surface, en centimètres carrés, exposée à l'air,
t élévation de température,
I intensité du courant en ampères.

On a, comme plus haut,

$$I^2\rho \times 0,24 = Et S.$$

Prenons $E = 0,0003$ et $t = 50°$

$$I = \sqrt{\frac{0,0003 \times 50 \times S}{0,24\rho}} = 0,25\sqrt{\frac{S}{\rho}}.$$

Appliquons cette formule au circuit inducteur d'une dynamo : la résistance à froid est de $1^{\omega},5$ et la surface exposée à l'air est de 1 mètre : $S = 10000$, $\rho = 1^{\omega},8$. En portant ces valeurs dans la formule, on trouve

$$I = 33,5 \text{ ampères,}$$

c'est à peu près ce que donne la pratique.

En résumé, l'étude ci-dessus conduit à plusieurs conclusions intéressantes :

1° Pour les conducteurs aériens de diamètres ordinaires, l'isolement est avantageux et permet d'employer des courants plus énergiques : en outre, les lames sont préférables aux fils;

2° Dans les conducteurs souterrains, la masse de métal doit être considérable;

3° On peut, en général, calculer l'élévation de température dans les bobines.

Il est à souhaiter que les recherches de ce genre se multiplient, les résultats mathématiques devant être, bien entendu, vérifiés expérimentalement toutes les fois que ce sera possible; la théorie évitera probablement ainsi à une industrie naissante certains mécomptes qui pourraient en arrêter le légitime essor.

G. DE LA TOUANNE.

NOTE

SUR UN

SYSTÈME DE SOURDINES VIBRANTES

DESTINÉES A FAIRE DISPARAITRE

LE BRUIT CAUSÉ PAR LES VIBRATIONS DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

I

Tout le monde sait que le bruit produit par les vibrations des fils télégraphiques ou téléphoniques est le principal obstacle qui s'oppose à l'établissement, dans l'intérieur des villes, de lignes électriques aériennes par lesquelles on pourrait, très souvent, remplacer les lignes souterraines, dont la construction et l'entretien sont très onéreux, les réparations difficiles, et où des fils supplémentaires ne peuvent être placés ou mis en service sans une dépense relativement élevée par rapport au résultat à obtenir.

J'ai recherché les moyens de faire disparaître cet inconvénient, et j'y suis parvenu par l'emploi de sourdines vibrantes. L'*idée neuve* sur laquelle est fondée la construction de ces appareils consiste non pas dans une forme spéciale de sourdine, mais dans l'emploi de *ressorts de modèles parfaitement connus*, pour obtenir ce *résultat nouveau* d'arriver à faire cesser tout bruit par un procédé simple, économique, durable et efficace.

II

La première idée qui s'est offerte à mon esprit a été de prendre un ressort vigoureux et souple, disposé en hélice, et de l'interposer comme il est figuré ci-contre, le long du support en fer d'un isolateur ordinaire.

Ce procédé a complètement réussi.

Fig. 1.

Il peut être modifié dans la pratique, surtout pour les lignes comprenant un nombre considérable de conducteurs, en interposant entre le potelet lui-même, supportant les isolateurs et le mur ou le toit d'appui, un ou plusieurs ressorts vibratoires de l'un quelconque des modèles connus, utilisés en France et à l'étranger, dans les compagnies de chemins de fer et

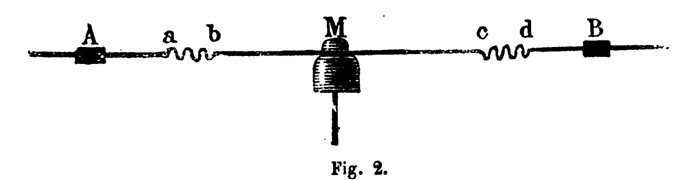


Fig. 2.

la carrosserie. Les potelets peuvent également être maintenus par des haubans, terminés eux-mêmes par des ressorts, pour empêcher le léger balancement, que leur élasticité leur permet de subir sous l'action du vent et de la tension des fils électriques, de prendre une amplitude appréciable.

III

Le genre de sourdines ci-dessus indiqué (*fig.* 1) ayant donné un résultat tout à fait satisfaisant, j'ai

pensé à adopter un dispositif plus simple, *et à placer le ressort sur le fil conducteur lui-même.*

J'ai pris un ressort à boudin en fil d'acier, du modèle employé au remontage des appareils Hughes, et, après en avoir fait détremper et redresser les parties A *a*, *b c* et *d* B, je l'ai purement et simplement attaché de la manière ordinaire sur l'isolateur M (*fig.* 2), et relié au fil de ligne (comme lui en fil d'acier, de 2 millimètres de diamètre) par deux manchons A et B, du modèle adopté en France pour les joints des lignes aériennes.

Ce nouveau mode d'emploi de mon procédé *a également réussi de la façon la plus complète.* Il semble préférable à tout autre et peut être adopté sur toutes les lignes électriques, quels que soient le diamètre du conducteur et la longueur des portées. Il suffit de fixer, par des expériences préalables, la force du fil à choisir pour la sourdine, suivant les cas.

IV

Des sourdines des modèles (1) et (2), bien que construites de la façon la plus élémentaire, avec des matériaux (ressort vibratoire et ressort de remontage d'appareils Hughes) qui n'étaient pas destinés à cet usage, placées sur des maisons de Toulouse, à titre d'essai, depuis plusieurs semaines, ont donné les meilleurs résultats. Tout bruit a cessé sur ces maisons, et par suite les propriétaires ont renoncé à toute plainte et à toute revendication d'indemnité.

La sourdine très élémentaire, indiquée figure 2 et consistant en un simple ressort d'acier à boudin, d'un prix de revient de 1f,25, peut et doit évidemment être modifiée selon les cas, ainsi que je l'ai dit plus haut;

mais j'estime que, pour les lignes télégraphiques ou téléphoniques urbaines, en fil d'un diamètre d'environ 2 millimètres, on peut même, pour des portées de 200 ou 250 mètres, se servir avec un plein succès d'une sourdine uniforme, constituée par un double ressort d'acier de 3 millimètres de diamètre, affectant l'une des figures indiquées ci-contre, dans lesquelles les ressorts

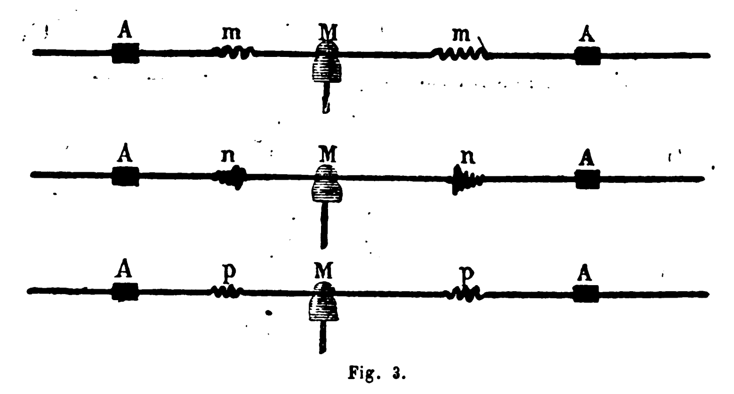


Fig. 3.

sont de forme cylindrique *m m*, conique *n n*, ou ovoïde *p p*. Dans les deux derniers cas, le diamètre du fil formant le ressort doit être renforcé là où les spires ont un plus grand développement.

Les manchons A A A... sont du modèle ordinaire, avec des ouvertures longitudinales d'un diamètre correspondant à celui des fils qu'ils doivent réunir.

L'usage des appareils du modèle n° 2 a aussi cet avantage de permettre, en hiver, aux fils de subir un retrait considérable sans secousse brusque, et par conséquent sans se rompre.

Toulouse, 1er mars 1885.

BARDONNAUT.

SYSTÈME DE TRANSLATEUR RAPIDE

Dans ce système, représenté par la figure ci-contre, chaque relais réexpédie sur la ligne qui lui est afférente un courant de la pile du poste intermédiaire, de même nom que celui dont il subit l'influence.

La construction particulière des palettes permet en outre à chaque relais de remplir le rôle de commutateur, et dispense par ce fait de l'emploi d'appareils spéciaux chargés de cette fonction.

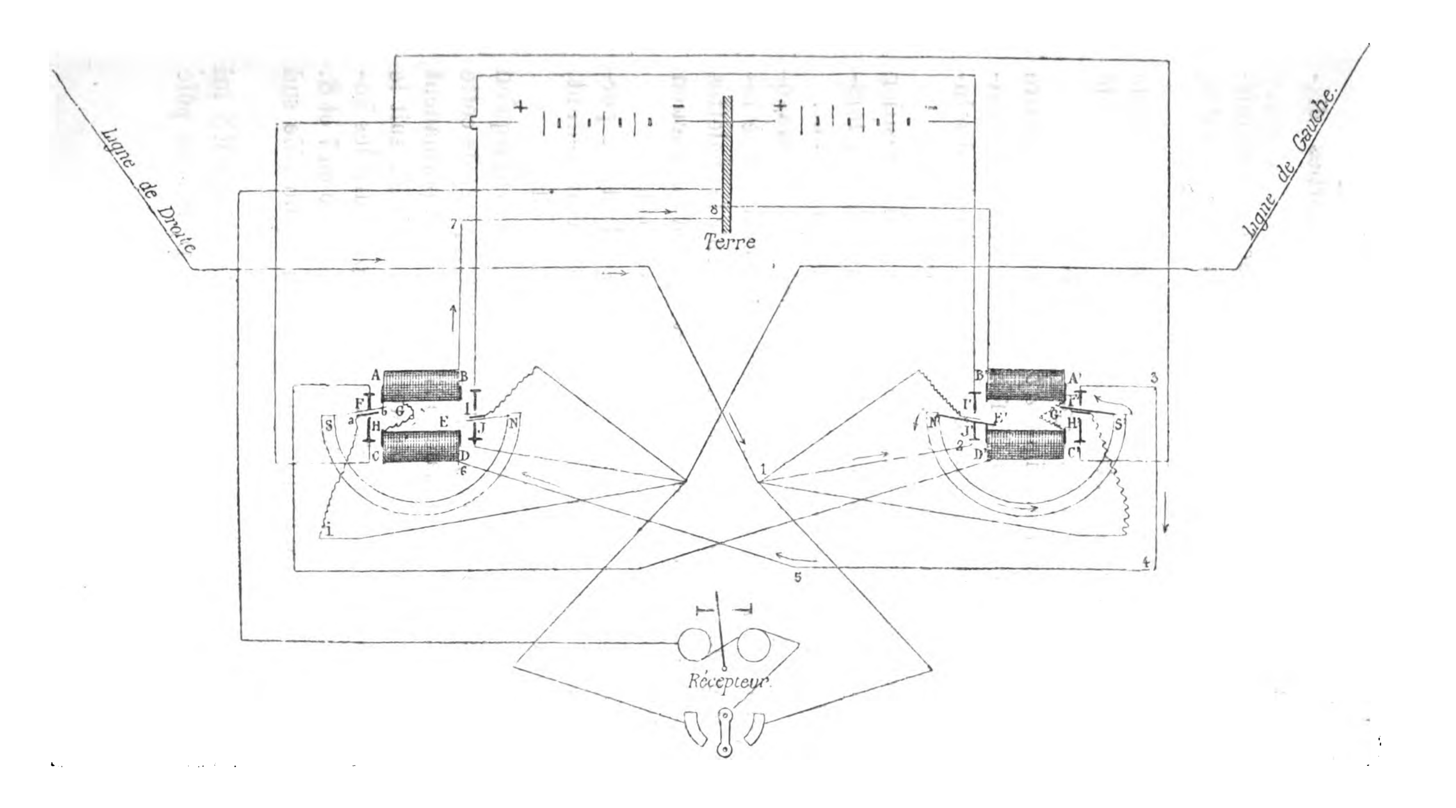
AB et CD (voir la figure ci-jointe) sont deux électro-aimants rectilignes; l'enroulement du fil de leurs bobines est tel, que l'action d'un courant produise un pôle A de nom contraire au pôle C, et un pôle B contraire au pôle D.

NS est un aimant permanent, dont le pôle N est placé entre les pôles B et D, des électro-aimants, un peu au-dessous de la ligne qui joindrait ces pôles.

Le pôle S occupe la même position entre les pôles A et C des mêmes électro-aimants.

Sur chacun des pôles N et S de l'aimant permanent, repose, dans une encoche destinée à la maintenir, une palette SG, qui figure en élévation sur le dessin.

Ces palettes, qui sont au nombre de deux par relais, occupent une position verticale, et peuvent osciller sur leur extrémité S, taillée en biseau; leur oscillation est limitée par deux vis F et H, placées près de leur extrémité libre G.


Ligne de Droite
Terre
Ligne de Gauche.
Récepteur

Chaque palette est divisée en deux parties distinctes :

1° Le massif de la palette, composé de la partie inférieure SP, en fer doux, et d'une languette en laiton P G, soudée à son extrémité P ;

2° Une plaque métallique *ab*, séparée du massif de la palette par une matière isolante, est fixée sur le côté de la languette PG, en regard de la vis H.

Cette plaque métallique *ab* est appelée à se mettre en contact avec la vis H, formant avec elle et le conducteur *ai*, auquel elle est reliée, un circuit absolument indépendant du massif de la palette.

Le dessin montre toutes les palettes dans la position qu'elles doivent occuper au repos, c'est-à-dire lorsqu'elles ne sont soumises à l'action d'aucun courant.

Ces palettes étant dépourvues de ressort antagoniste, leur position au repos est déterminée par le réglage des vis H et I, qui tendent à maintenir les palettes plus rapprochées des pôles A et D, dont l'attraction doit être prépondérante, que des pôles opposés.

Les chiffres et les flèches disposés sur la figure permettent de suivre facilement la marche d'un courant, supposé positif, et venant de la ligne de droite.

Ce courant, après avoir suivi le conducteur jusqu'en 1 et 2, arrive à la vis *j'* (relais de droite), passe de cette vis au massif de la palette E' N', à l'aimant permanent N' S', au massif de la palette S' G', à la vis F', suit le conducteur 3, 4, 5, 6, et, après avoir parcouru les bobines du relais de gauche, se rend à la terre en 7 et 8.

Un pôle nord est produit en C et en B ; un pôle sud est produit en A et en D.

La position occupée au repos par la palette EN lui est conservée par l'attraction du pôle D, devenu pôle

sud, et la palette S G, attirée par le pôle C devenu pôle nord, se porte au contact de la vis H.

Cette vis étant reliée au pôle positif d'une pile placée dans le poste, ce courant positif se rendra sur la ligne de gauche, en passant par la plaque métallique *a b* et le conducteur *ai*.

Un courant négatif parcourant les mêmes bobines produira un effet inverse, et un courant négatif serait envoyé sur la ligne par l'intermédiaire de la plaque métallique de la palette N E.

On voit facilement, à l'inspection de la figure, que chaque relais est dans la position de réception après la cessation de tout courant, et que toute mise à la terre locale est interrompue immédiatement dans chaque relais réexpéditeur, dès qu'un courant venant de la ligne vient l'influencer.

C.-E. GERNISCHE.
Commis des télégraphes à Montpellier.

CONTRÔLE DES TRANSMISSIONS

SUR UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE

DESSERVIE

PAR DES APPAREILS A DOUBLE COURANT

Conditions à remplir. — Dans l'établissement de tout système de contrôle des transmissions sur une ligne télégraphique, on doit chercher à réunir les trois qualités essentielles suivantes :

1° Les signaux échangés sur la *ligne contrôlée* doivent être reproduits d'une façon à la fois fidèle, sûre et simple, dans le *bureau de contrôle;*

2° Les appareils de contrôle ne doivent pas exercer d'influence nuisible sur les conditions et la vitesse du travail ;

3° Le fonctionnement du contrôle doit être indépendant de la volonté des agents des bureaux contrôlés.

Installation des appareils sur le trajet de la ligne. — La troisième condition sera réalisée d'une manière presque parfaite si, en faisant passer la ligne dans le bureau de contrôle, on met les appareils de contrôle en rapport avec un point de la ligne situé dans ce bureau. On conçoit que l'on puisse combiner des appareils susceptibles de reproduire sous une certaine forme les modifications électriques dont la ligne est le siège, de telle sorte qu'aucun signal ne soit transmis, dans un

sens ou dans l'autre, sans être enregistré au passage. L'indépendance du contrôle se trouve ainsi assurée. Il faut toutefois en excepter le cas où les appareils seraient de nature à pouvoir être paralysés temporairement par des courants d'une intensité ou d'une durée anormales, émis par l'un des bureaux contrôlés. On va voir d'ailleurs que ce procédé sacrifie beaucoup des deux autres conditions essentielles du problème.

La position de l'appareil de contrôle, par rapport à la ligne, donne lieu à deux classes distinctes d'installations :

1° En dérivation;
2° En embrochage.

1° *Dérivation.* — Soient A, B (*fig.* 1) les postes cor-

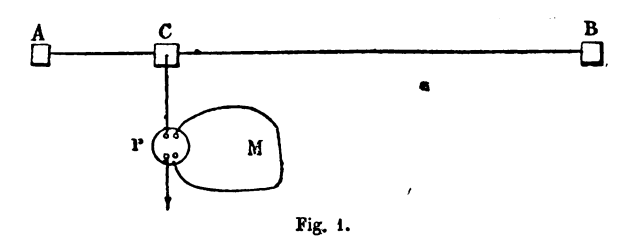


Fig. 1.

respondants; C le bureau de contrôle. Un relais convenable r, placé en dérivation sur la ligne, au point C, permettra de reproduire, dans un circuit local, M, les transmissions échangées dans l'un et l'autre sens, qu'il s'agisse d'une transmission à simple ou à double courant. Deux conditions simultanées sont nécessaires : les stations A et B doivent recevoir des courants de même intensité, et les courants des deux stations doivent agir avec la même intensité sur le relais r, c'est-à-dire que les piles de transmission des postes A et B doivent por-

ter le point C à un même potentiel, sauf l'écart que permet l'étendue de l'échelle de sensibilité du relais pour un réglage donné.

On réalisera cette double condition en rendant égales les résistances des sections AC et CB, de manière à transporter le point C au milieu électrique de la ligne. Mais cette façon de faire entraîne à des conséquences qui peuvent être très préjudiciables, dans le cas des lignes en câble.

Supposons en effet que, le câble existant d'abord seul entre les stations A et B (*fig.* 2), on ajoute entre le bu-

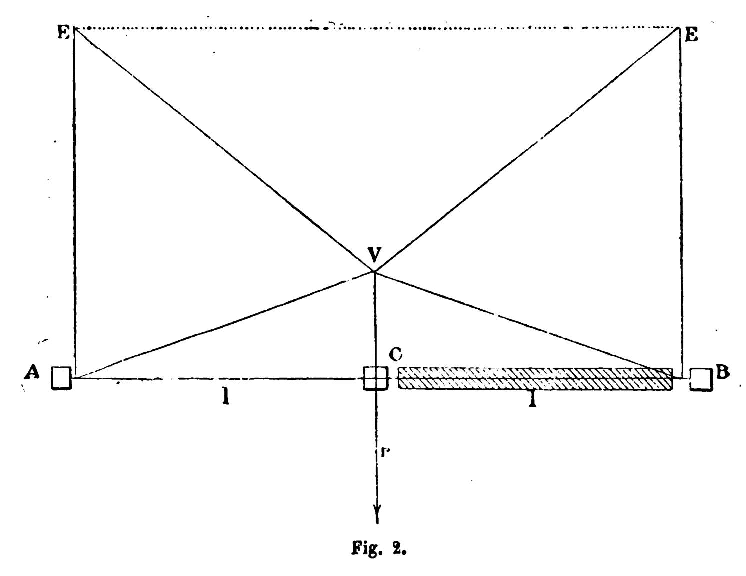


Fig. 2.

reau A et l'entrée du câble une résistance AC égale à celle du câble, afin de pouvoir prendre au point C la dérivation pour le contrôle, et appelons l la résistance de chacune des sections AC, CB; r la résistance de la dérivation; E la force électro-motrice nécessaire à chacune des stations, dans ces conditions, pour que la station cor-

respondante reçoive bien; V le potentiel que donne cette pile au point C, milieu électrique de la ligne. En négligeant les pertes qui se produisent le long du câble, on aura :

$$E = V \frac{l + \frac{lr}{l+r}}{\frac{lr}{l+r}} = \frac{V(l+2r)}{r}.$$

On voit que E est au moins égal à 2V, et va en croissant lorsque r diminue. Si l'on fait en particulier $r = l$, on trouve :

$$E = 3V.$$

La station A transmettant, le câble se trouve dans les conditions normales, son potentiel variant, depuis le point C jusqu'au point B, de V à zéro; mais quand la station B transmet, le câble, dont le potentiel varie de E à V, se trouve soumis en chacun de ses points à une action électro-statique beaucoup plus forte, qui peut lui causer de graves dommages. L'existence des pertes tout le long du câble conduirait à accroître encore davantage la force électro-motrice de la pile de la station B.

Une telle disposition est donc défectueuse, en principe, dans le cas des lignes en câble.

2° *Embrochage.* — Plaçons-nous dans le cas le plus général de la transmission à double courant, et admettons que le *courant de travail*, pour les deux stations A et B, soit le *courant positif*, le *courant de repos* ou *d'espacement* étant le *courant négatif.*

On peut remarquer tout d'abord qu'un seul relais, embroché sur le fil, dans le bureau C, ne suffira pas pour répéter les transmissions dans les deux sens. Il

faudra deux relais polarisés $r_1 r_2$ (*fig.* 3). Une analyse rapide montrera que les deux relais sont actionnés si-

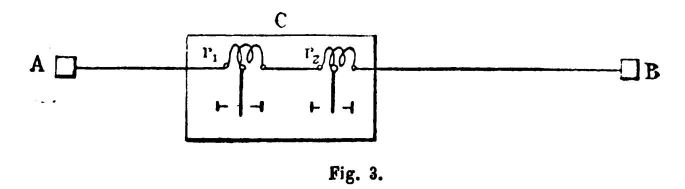


Fig. 3.

multanément par le courant de l'une ou l'autre station ; mais on peut orienter les relais par rapport au courant, de telle façon que si l'armature du relais r_1, par exemple, est portée sur son *contact de travail* par le *courant positif* de la station A, l'armature du second relais soit au même instant appliquée sur le *contact de repos*. Quand le poste A enverra son *courant négatif*, l'armature de r_1 sera portée sur le *contact de repos*, et celle de r_2 s'appliquera sur le *contact de travail*. Il résulte de cet arrangement que le relais r_1 donnera la répétition exacte de la transmission du poste A, tandis que le relais r_2 enregistrera des *signaux complémentaires*, qui seront la reproduction, en noir, des espaces blancs de la transmission.

Le relais r_1 *marque* pendant que le relais r_2 *se repose*, et inversement.

Transmission vraie . . . . . . — — — — . . — . — . .
— complémentaire. — . . — . . — . . .

On peut appeler le relais r_1 *relais utile*, et le relais r_2 *relais complémentaire* pour la station A.

Quand la station B transmettra, les mêmes effets se reproduiront, en ordre inverse, le relais utile pour une station étant le relais complémentaire pour l'autre, et inversement.

Un appareil enregistreur distinct est relié à chaque relais. On a ainsi, pour chaque station, l'*enregistreur utile* et l'*enregistreur complémentaire*.

Un tel système, qui se recommande d'abord parce qu'il n'altère pas la continuité et l'isolement de la ligne, présente des défauts plus nombreux encore que dans l'installation en dérivation :

1° L'insertion des deux relais dans le circuit de ligne amène non seulement une augmentation de résistance, mais, ce qui est bien plus nuisible, l'action retardatrice de l'extra-courant engendré dans les organes électro-magnétiques des deux relais.

2° Si le bureau de contrôle est situé très près d'une extrémité de la ligne (et presque toujours les besoins de l'exploitation exigent que le bureau de contrôle et l'un des bureaux tête de ligne, A, par exemple, soient situés dans la même localité, et dans le même immeuble ou dans des maisons très voisines), le courant de la station A agira fortement sur les relais, tandis que le courant de la station B n'arrivera qu'extrêmement affaibli par les pertes éprouvées tout le long de la ligne; d'où il s'ensuit qu'on devra donner aux deux relais des sensibilités très différentes. Cette condition ne peut être qu'avantageuse pour l'enregistrement de la transmission de la station A, car il peut arriver que le relais r_1, tout en répétant nettement les signaux du poste A, se refuse à répéter les signaux complémentaires de la transmission du poste B; mais le relais r_2, réglé pour le courant très faible de la station B, sera fâcheusement influencé par les courants énergiques émanant du poste A, et le réglage de ce dernier relais sera très difficile à réaliser et à conserver. Si, d'un autre côté, on voulait assurer son fonctionnement en augmentant la

force de la pile de la station B, on tomberait dans le défaut signalé plus haut, dans le cas des lignes en câble (*).

3° Enfin, en admettant même que les deux relais puissent fonctionner conformément au principe exposé, quelle n'est pas la complication du mécanisme de l'enregistrement! Les deux appareils enregistreurs fonctionnent simultanément, et il est difficile, à un moment donné, de dire quel est celui qui fonctionne *utilement*, la distinction entre les signaux vrais et les signaux complémentaires ne se faisant qu'avec beaucoup de peine, surtout dans la transmission en langues étrangères inconnues à l'agent chargé de la surveillance des appareils. De plus, la séparation des transmissions des deux stations dans des appareils différents fait perdre l'avantage de posséder toutes les communications sur une même bande, dans l'ordre même de leur succession sur la ligne.

L'analyse que nous venons de faire montre que la solution générale du problème, avec les genres de relais dont nous disposons actuellement, est très difficile, sinon impossible. On peut seulement chercher à se rapprocher autant que possible des trois conditions qui s'imposent comme desiderata, en s'attachant plus ou moins à certaines d'entre elles, selon leur importance relative, dans les cas particuliers qui peuvent se présenter.

Projet de système de contrôle. — Le système suivant est susceptible d'une application très générale; il convient toutes les fois que le bureau tête de ligne et le

(*) Si nous analysons avec détail cette installation, c'est en raison des efforts qu'on a tentés récemment pour l'appliquer sur les câbles de Brest à Penzance et à Salcombe.

bureau de contrôle se trouvent dans une même localité, dans le même immeuble ou dans des maisons voisines, c'est-à-dire assez peu éloignés pour qu'on puisse aisément les relier par deux ou trois conducteurs auxiliaires. Il est fondé sur l'emploi nécessaire, dans tout système de transmission à double courant, d'un commutateur spécial, pour passer de la position de transmission à celle de réception, ou inversement. Ce commutateur de « transmission-réception » ou « send-receive » peut être regardé, en principe, comme un levier que l'agent du bureau tête de ligne est obligé de déplacer dans un sens pour se préparer à transmettre, et dans le sens opposé pour se préparer à recevoir. On peut modifier la structure intérieure de ce commutateur, de telle façon qu'en le manœuvrant pour passer d'une position à l'autre, l'employé provoque la fermeture de l'un ou de l'autre des deux circuits aboutissant dans le bureau de contrôle. Supposons, sans entrer pour le moment dans le détail, qu'un arrangement convenable ait été pris à cette fin. Voici alors la disposition qui pourra être adoptée dans le bureau de contrôle.

Soit L (*fig.* 4), la section de la ligne qui, venant du bureau contrôlé, entre dans le bureau de contrôle ; L′ la section de la ligne qui sort du bureau de contrôle ; S,R, les deux circuits auxiliaires fermés par la manœuvre du « send-receive ». La ligne L communique avec les armatures de deux électro-aimants E,E′, placés dans les circuits locaux S,R. Selon que la manœuvre du « send-receive » ferme le circuit S ou le circuit R, la ligne L est mise en communication avec la seconde section L′ par le chemin CO ou par le chemin C′O.

L'appareil formé par l'ensemble des deux électro-

aimants E,E', appareil que nous appellerons le *basculeur*, peut varier beaucoup dans sa construction, sa fonction restant toujours de relier les deux sections de

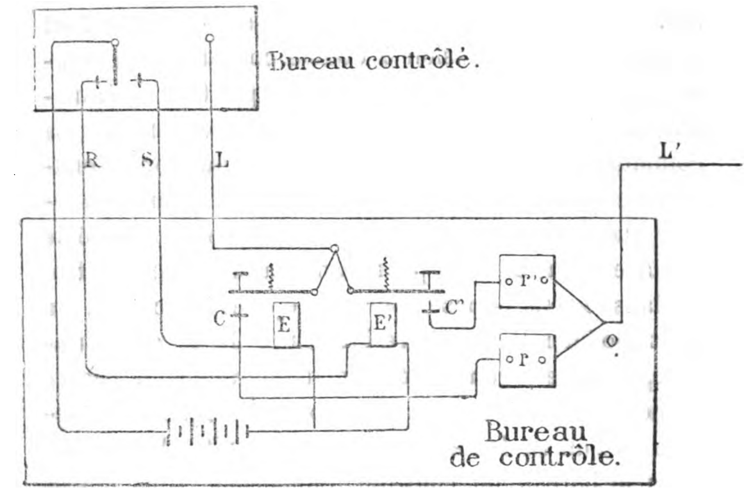


Fig. 4.

ligne L,L', par deux chemins différents, selon la position du « send-receive ». On peut le constituer au moyen de deux parleurs ordinaires.

Sur chacun des deux chemins CO, C'O, est placé un relais polarisé *r*, *r'*. L'un deux *r* sera traversé exclusivement par les courants émis par le courant contrôlé voisin; l'autre *r'* sera traversé exclusivement par les courants émanant du bureau éloigné. Les deux relais, étant indépendant l'un de l'autre, pourront avoir des sensibilités très différentes, et être réglés une fois pour toutes, selon la force des courants qu'ils doivent recevoir, et leur réglage sera stable.

On se trouve, en outre, débarrassé des signaux complémentaires, et *un seul appareil enregistreur*, mis en

rapport avec les deux relais, reproduit les signaux échangés dans les deux sens, et dans l'ordre même de leur succession sur la ligne.

Nous proposons, en outre, de placer sur la section L' un téléphone, ou dans les circuits dérivés, OC, OC', deux téléphones de timbres différents, qui permettront à l'agent du contrôle de lire au son, à distance, les signaux échangés, et seront les témoins infaillibles du passage des courants et du bon état de la communication. Pour déceler le passage, non d'un courant continu, mais d'une transmission, le téléphone est grandement préférable à la boussole.

Les modifications à faire subir au « send receive » dépendent évidemment de sa construction. Nous allons prendre comme exemple le commutateur qui fait partie intégrante du manipulateur de Varley, très usité pour la transmission morse à double courant, par les lignes aériennes, ainsi que sur des câbles de longueur moyenne, tels que le câble de Brest à Penzance.

Le manipulateur de Varley comprend un levier composé de deux parties métalliques *l*, *t* (*fig.* 5), séparées par une règle en ébonite, le tout formant une barre rigide portée sur deux pivots *xy*. La règle *l* est mise en communication avec la ligne, pendant la transmission, par l'intermédiaire du « send-receive », et la régle *t* est reliée à la terre. Les extrémités postérieures des deux règles *l*, *t*, oscillent entre deux groupes de ressors 1, 2 et 3, 4 reliés aux pôles C, Z de la pile de ligne, de telle sorte qu'à l'état de repos du levier de transmission le courant négatif passe sur la ligne, le pôle positif de la pile étant relié à la terre par le levier *t*. Quand on presse sur le levier, le pôle positif se trouve relié à la ligne, et le pôle négatif à la terre.

Le « send-receive », qui se trouve enfermé dans le socle de l'appareil est formé par une manette métal-

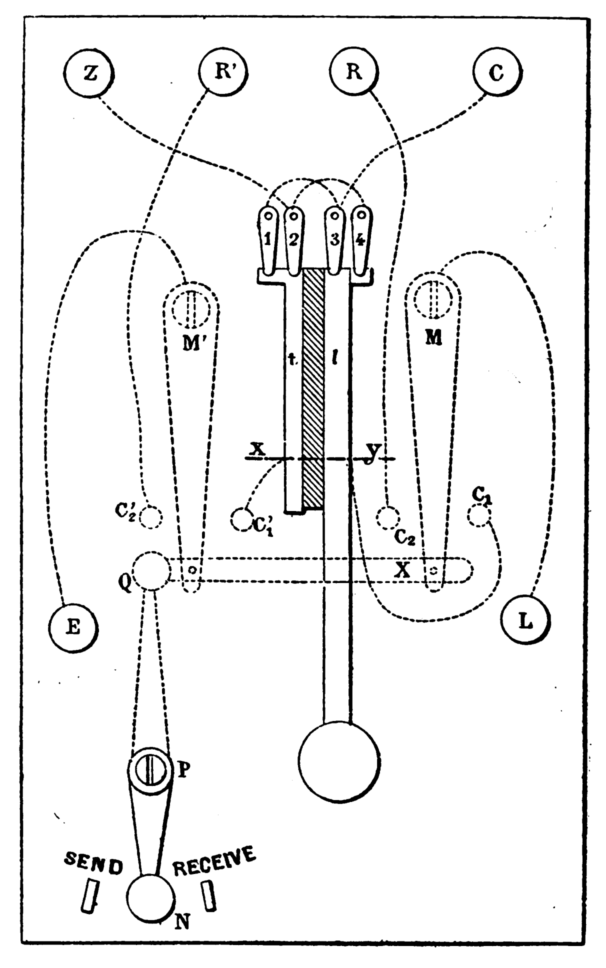


Fig. 5.

lique M, reliée à la borne de ligne L. Cette manette sert à relier la ligne soit avec le levier de transmission,

par le contact c_1 et le pivot y, soit avec le relais récepteur, par le contact c_2 et la borne R. La manette M est manœuvrée au moyen d'une règle en ébonite QX, que commande un levier QPN, ayant son pivot en P, et dont le bras antérieur PN se trouve au-dessus du socle.

La règle QX fait aussi mouvoir une seconde manette métallique M′ qui est reliée à la terre, en permanence, par la borne E. Quand l'instrument est dans la position de transmission, la manette M′ établit la communication du levier t avec la terre, par le pivot x et le contact c_1' ; lorsque le « send-receive » est placé dans la position de réception, la manette M′ fait communiquer avec la terre la borne R′, par le contact c'_2.

Dans l'installation morse à double courant, la borne R′ est sans emploi, et on peut, sans inconvénient, relier le levier t à la terre par une communication permanente. Alors on pourra utiliser la manette M′ pour faire fonctionner le basculeur du poste de contrôle. Les modifications à faire subir à l'instrument sont les suivantes :

1° Supprimer les communications xc_1', M′E, R′c_2'.

2° Fixer sur le socle deux nouvelles bornes K, K′, dans des positions symétriques, et amener à ces bornes les fils S et R du basculeur.

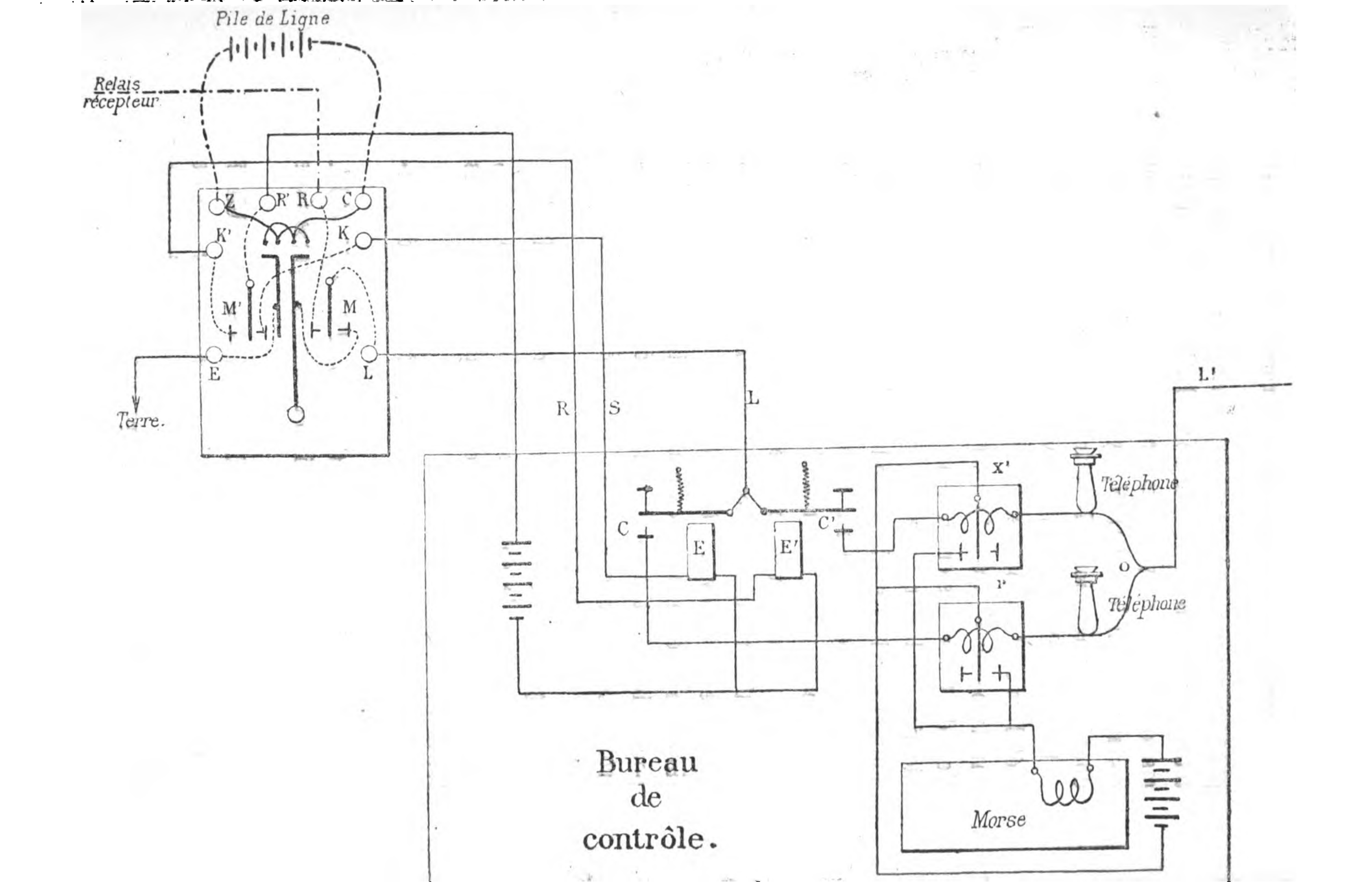
3° Amener à la borne R′ le pôle de la pile du basculeur.

4° Établir les communications xE, M′R′, c_1'K, c'_2K′.

La figure 6 représente l'installation complète faite dans ces conditions.

Un tel système remplit-il les conditions désirables?

1° Le réglage des relais de contrôle n'offre pas de difficulté, et tous les signaux sont reproduits d'une façon très simple sur un seul appareil morse.



Pile de Ligne
Relais récepteur
Z
R'
R
C
K'
K
M'
M
E
L
Terre.
R
S
L
L'
C
E
E'
C'
X'
P
O
Téléphone
Téléphone
Morse
Bureau de contrôle.

2° La ligne est donnée au bureau contrôlé, pour la transmission et pour la réception, par les contacts C et C′ du basculeur. Pourvu qu'on veille à la netteté de ces contacts, la communication sera suffisamment sûre ; on peut d'ailleurs régler la pile du basculeur de façon à appuyer fortement les armatures sur les contacts. Dans ces conditions, le fonctionnement du contrôle n'exerce aucune influence nuisible sur le travail de la ligne contrôlée.

3° Les agents du bureau contrôlé ne peuvent en aucune façon empêcher le jeu naturel des différents organes du système, à moins de travaux qui demanderaient un temps considérable et des moyens qu'ils n'ont pas toujours à leur disposition.

Surveillance des fils disponibles. — Pour terminer cette étude du contrôle des transmissions, indiquons un moyen de résoudre une difficulté qui peut se présenter. Supposons que du bureau contrôlé partent plusieurs fils aboutissant à une chambre terminale (guérite, maison d'atterrissement de câbles, etc.), après avoir traversé le bureau de contrôle. Un ou plusieurs de ces fils sont reliés, en temps ordinaire, à des lignes extérieures et mis en rapport avec des appareils enregistreurs, dans le bureau de contrôle. Les autres fils locaux disponibles sont affectés au service entre le bureau contrôlé et la chambre terminale, au moyen de morses ordinaires ou de téléphones. Il peut y avoir intérêt à surveiller l'usage des fils disponibles, qui pourraient, à un moment donné, être substitués aux amorces des lignes contrôlées, ce qui éluderait le contrôle de ces lignes.

Si les lignes contrôlées sont desservies par des appareils à double courant, il suffira de faire passer chaque

fil disponible, dans le bureau de contrôle, à travers un relais polarisé réglé symétriquement, et dont les deux contacts soient reliés à un parleur ordinaire.

En premier lieu, les courants téléphoniques seront impuissants à actionner le relais; ensuite, tant que l'on travaillera sur le fil avec un morse à simple courant, l'armature du relais changera de position à chaque changement de sens de la transmission, et le parleur rendra un son isolé à chaque changement; mais si l'on venait à travailler à double courant, ce qui serait l'indice d'un emploi illégitime du fil, le parleur oscillerait et résonnerait d'une manière continue.

P. BAYOL,
Sous-ingénieur.

MOYENS D'ÉVITER

LES DANGERS DE L'EXTRA-COURANT

DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

On sait qu'une commission spéciale a été chargée par M. le ministre des postes et des télégraphes (n° du septembre-octobre 1884) de fixer les conditions techniques à remplir pour l'installation des conducteurs affectés à la transmission de la lumière et au transport de la force par l'électricité, en vue de prévenir les accidents.

En attendant le résultat des études de cette commission, nous reproduisons les diverses notes de MM. d'Arsonval, Raynaud et Daussin, sur ce sujet, qui ont paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

I

Des moyens d'éviter les dangers provenant de courants d'une grande intensité.

Note de M. A. d'Arsonval (*).

L'emploi de plus en plus général des puissants générateurs électro-magnétiques a causé plusieurs acci-

(*) *Comptes rendus*, 26 janvier 1885. — Les expériences ont été faites au Collège de France en février et mars 1884. J'en ai communiqué les principaux résultats à la Société de biologie le 20 décembre 1884.

dents, ayant quelquefois entraîné mort d'homme. Aussi cherche-t-on, en ce moment, à réglementer l'emploi de l'électricité et à déterminer expérimentalement la tension et l'intensité dangereuses en pratique.

Le problème ainsi posé est mal posé et n'est susceptible d'aucune solution, ainsi que la présente communication a pour objet de le montrer. Et d'abord, ce n'est pas, en général, quand le courant électrique avait un régime permanent que se sont produits les accidents, mais bien au moment de la rupture ou de l'établissement du circuit électrique. Dans ces conditions, c'est le corps de l'expérimentateur qui rétablit la continuité du circuit rompu pendant un temps plus ou moins long. Il est facile de montrer que, à ce moment, les dangers que court l'opérateur ne dépendent nullement de la *tension* et de l'*intensité* du courant primitif, comme on le croit généralement, mais se trouvent sous la dépendance d'un facteur tout autre, qu'on ne peut calculer par la seule connaissance de la tension et de l'intensité du courant primitif.

Tous les physiologistes savent, d'autre part, que l'énergie d'une excitation électrique dépend beaucoup moins de l'intensité du courant que de la rapidité de chute du potentiel et de la fréquence des excitations.

Cela posé, les propositions suivantes deviennent pour ainsi dire évidentes d'elles-mêmes.

PROPOSITION I. — *Une pile et une machine donnant dans un circuit rectiligne deux courants ayant même tension et même intensité n'offrent pas les mêmes dangers.*

En effet, si l'on rompt le circuit en un point quelconque, en tenant dans chaque main un bout du fil non isolé, on constate que la pile donne à peine une

secousse, tandis que la machine produit une excitation beaucoup plus considérable des systèmes nerveux et musculaire, excitation qui peut devenir foudroyante en certains cas. Cette différence tient à ce que la pile, dans un circuit rectiligne, ne donne pas d'extra-courant, tandis que la machine, par le fait même de sa construction, en donne un dont la puissance varie avec la longueur et le mode d'enroulement de son circuit, et aussi avec la quantité de fer qui en forme la carcasse. Le danger réside donc uniquement dans la puissance de l'extra-courant, résultant de la *self-induction* du générateur d'électricité.

De ces considérations très simples, résultant de l'expérience, on déduit les propositions suivantes :

PROPOSITION II. — *Deux machines donnant des courants ayant même intensité et même tension dans un circuit semblable peuvent être inégalement dangereuses ;* car leurs coefficients de *self-induction* et par conséquent leurs extra-courants peuvent être fort différents.

PROPOSITION III. — *Un même courant non dangereux dans un circuit peut l'être dans un autre.* Il suffit, en effet, de donner au circuit une *self-induction*, par un moyen quelconque (par l'interposition d'un électro-aimant, par exemple).

J'ai vérifié expérimentalement ces déductions de la théorie, en opération sur des cobayes, au moyen d'une machine Gramme de laboratoire et d'accumulateurs. La tension des courants employés a varié seulement de 2 à 20 volts, et l'intensité de 1 à 30 ampères. Malgré la faiblesse des moyens employés, j'ai néanmoins réussi à tuer des cobayes. On voit par conséquent que, si l'on veut supprimer tout danger dans l'emploi de

l'électricité, on arrive fatalement à cette conclusion absurde qu'il faut supprimer l'électricité elle-même.

J'ai cherché un remède à cet état de choses. Voici un moyen qui s'est montré efficace dans tous les cas et qui constitue un procédé général de suppression des extra-courants.

Pour éviter tout danger, que faut-il en somme? Uniquement empêcher que l'extra-courant puisse traverser le corps de l'expérimentateur. Nous savons, d'autre part, que la tension de l'extra-courant est infiniment plus grande que celle du courant primitif qui lui donne naissance.

Cela posé, je place *en dérivation* sur les bornes du générateur électrique une série de voltamètres à lames de plomb et à eau acidulée, en nombre suffisant pour que leur force électromotrice de polarisation soit supérieure à la force électromotrice maxima de la machine. *Cette dérivation est absolument infranchissable pour le courant direct*, mais il n'en est pas de même pour l'extra-courant qui la traverse facilement. Au moment de la rupture du circuit, l'extra-courant passe à travers les voltamètres, et le corps humain est absolument garanti.

C'est là une méthode générale très simple pour la suppression des extra-courants. Elle est susceptible d'applications nombreuses, que j'ai déjà en partie réalisées, mais dont l'exposé ne peut trouver place dans cette courte note. J'ai pris des voltamètres à lames de plomb, parce que ce sont ceux qui développent *pratiquement* la plus grande force électromotrice ; j'en varie la disposition suivant les cas.

On voit que le procédé que je propose consiste dans l'établissement d'une dérivation, *infranchissable pour*

le courant direct, ne créant par conséquent aucune perte de ce courant. Cette dérivation n'en est une que pour l'extra-courant. Elle joue le rôle d'une soupape de sûreté qui se soulève seulement et automatiquement pour une pression déterminée.

II

Réclamation de priorité à propos du procédé d'annulation de l'extra-courant employé par M. D'Arsonval, pour éviter les dangers des générateurs mécaniques.

Lettre de M. A. Daussin à M. le Secrétaire perpétuel (*).

Fives-Lille, 11 février 1885.

Je prie l'Académie de me permettre de lui exposer que le procédé d'annulation de l'extra-courant qui lui a été soumis par M. d'Arsonval, le 15 janvier 1885, a été imaginé par moi il y a plus de quinze ans. Je l'ai fait breveter le 25 mars 1869.

Voici l'historique de ce dispositif. Je m'occupais, à cette époque, de perfectionner mon rappel à relais. Le fonctionnement de cet appareil, alors en service depuis peu au chemin de fer du Nord et à l'État-Belge, laissait à désirer, parce que l'extra-courant produit par la rupture du courant local oxydait les contacts de la palette et de la roue d'échappement.

Il s'agissait d'annuler l'extra-courant entre ces deux points. J'imaginai, dans ce but, une *dérivation*, formée par deux *électrodes plongeant dans de l'eau*. Quand la palette touchait la roue d'échappement, la résistance ne laissait dériver qu'une très faible partie du courant actionnant l'électro-aimant placé dans le circuit. Quand

(*) *Comptes rendus*, 2 mars 1885.

la palette brisait le circuit, l'extra-courant passait par la dérivation. Le point faible de l'appareil était protégé.

L'application de ce voltamètre à des circuits d'une rupture dangereuse, ou simplement nuisible, se trouvait tout indiquée. Je n'ai pas manqué de la conseiller : elle est utilisée. M. Du Moncel m'a écrit à ce sujet le 2 avril 1878 :

« En appliquant pour la première fois cette disposition, je remarquai que la suppression de l'extra-courant était proportionnelle à la force électro-motrice de polarisation du voltamètre intercalé. En effet, l'étincelle de l'extra-courant *reparaissait progressivement* entre la palette et la roue d'échappement, au fur et à mesure que la nature du liquide se modifiait et que les électrodes s'altéraient sous l'action du passage de l'extra-courant. (Je me servais d'électrodes en cuivre, plongés dans de l'eau pure.)

« Il était évident que, puisque l'extra-courant ne passait plus complètement par le voltamètre, il n'y avait qu'à établir une deuxième dérivation avec voltamètre, au besoin une troisième, pour recueillir l'*excès du courant*.

« Il était aussi évident que, à l'aide de plusieurs dérivations munies de voltamètres de force électro-motrice de polarisation différente, on pouvait opérer une espèce de *triage* de courants, le courant passant dans chaque dérivation étant proportionnel à la force électro-motrice de polarisation de son voltamètre. »

Je tiens à la disposition de l'Académie mon brevet du 25 mars 1869 et ma correspondance avec M. Du Moncel.

III

Sur les moyens d'annihiler ou d'atténuer les dangers de l'extra-courant dans les machines dynamo-électriques, en cas de rupture du circuit extérieur.

Note de M. J. Raynaud (*).

Dans l'une des dernières séances de l'Académie, M. d'Arsonval a indiqué comme moyen de préservation, contre les dangers de l'extra-courant de rupture dans les machines dynamo-électriques, l'intercalation d'une batterie de polarisation entre les pôles de la machine. Ne conviendrait-il pas d'essayer, dans le même but, l'un des dispositifs si simples fondés sur le principe de l'induction latérale de Faraday, et en usage dans la télégraphie sous le nom de *paratonnerres*, pour garantir les bobines des appareils contre l'électricité atmosphérique? Il suffirait de relier aux pôles de la machine les bornes d'un instrument de ce genre, qui formerait ainsi une *soupape de sûreté*, ne livrant passage au courant qu'au moment où il devient dangereux. On choisirait, suivant les conditions, le paratonnerre à plaques et lame isolante (*air*, *mica*, *gutta-percha papier*, etc.), ou à pointes, ou à plaques et pointes, etc.; soit même, dans certains cas, les paratonnerres à air raréfié ou à alcool.

Les expériences de MM. Warren de la Rue et Müller sur la décharge disruptive donneraient la plupart des éléments de la question : elles font connaître, en particulier, les distances explosives dans l'air aux pressions ordinaires, et entre des surfaces de formes di-

(*) *Comptes rendus*, 2 mars 1885.

verses, pour des différences de potentiel variant de 250 à 12,000 éléments à chlorure d'argent, dont la force électro-motrice est $1^{volt},03$.

IV

Sur le parafoudre à polarisation.

Note de M. A. d'Arsonval (*).

Dans ma note du 26 janvier 1885, après avoir montré la vraie cause des dangers présentés par les générateurs mécaniques d'électricité, j'ai décrit très sommairement le moyen d'éviter ces dangers. Cette description, bien que très claire pour les électriciens, a donné lieu, de la part de M. Daussin, à une réclamation de priorité qui me semble mal fondée. Le moyen indiqué par cet inventeur n'a qu'une analogie de forme (emploi d'une dérivation liquide) avec celui que je propose. Le principe et le fonctionnement en sont absolument différents.

En effet, pour supprimer l'étincelle d'extra-courant dans son relais télégraphique, M. Daussin place en dérivation, sur le circuit de l'électro-aimant, une simple colonne d'eau dans laquelle trempent deux fils de cuivre. Il substitue à la résistance métallique, utilisée quelquefois à cet effet, un conducteur liquide, n'ayant pas de self-induction, ainsi que cela s'est fait bien antérieurement dans les appareils électro-médicaux, pour en graduer les secousses. Dans cette disposition, la dérivation fonctionne comme une *dérivation. Elle est toujours traversée par une partie du courant de la pile*, plus ou moins, suivant sa résistance.

(*) *Comptes rendus*, 9 mars 1885.

Si M. Daussin diminuait graduellement sa résistance (en augmentant la surface des électrodes ou en employant plusieurs dérivations, comme il l'indique), la plus grande partie du courant passerait par cette dérivation, qui se comporte en somme comme une dérivation métallique.

Dans cette disposition, on perd inutilement une partie du courant et l'on affaiblit forcément le courant qui traverse l'électro-aimant. Dans ma disposition, au contraire, *jamais le courant direct ne peut franchir la dérivation*, *quelque faible que soit la résistance*. Cela tient à ce que cette dérivation développe, sous l'influence du courant, une *force contre-électromotrice qui équilibre toujours celle de la source*. Le courant direct se crée *automatiquement* une résistance infranchissable. Cela tient à ce que j'associe *en tension*, *et en nombre suffisant*, *des électrodes capables de se polariser* (plomb, platine, charbon, etc., plongeant dans l'eau acidulée), ce qui ne saurait avoir lieu avec des électrodes *en cuivre* et avec des dérivations multiples associées *en quantité*, comme l'indique M. Daussin.

En pratique, j'emploie une pile à auge dont les cloisons sont de simples lames de plomb emmagasinant très peu, et dont une des faces est positive et l'autre négative. Cette auge est remplie d'eau acidulée et l'on donne aux cloisons une surface aussi grande que l'on veut sans modifier l'effet, tout en diminuant indéfiniment la résistance de la dérivation pour un courant de tension supérieure à la tension de polarisation du parafoudre. En résumé :

1° *Jamais le courant direct ne peut passer par la dérivation.*

2° *Cette dérivation est rendue aussi peu résistante néanmoins qu'on le désire.*

Telle est la double caractéristique de ma disposition.

J'ajouterai deux mots, relativement au moyen proposé par M. J. Raynaud pour atteindre le même but, et que ce savant a eu l'obligeance de me communiquer dernièrement. Je l'ai aussitôt expérimenté et voici ce que j'ai observé : sur les bornes de ma machine de Gramme donnant 30 volts et 2 ampères, j'ai établi un paratonnerre composé de deux disques métalliques de 10 centimètres de diamètre et isolés l'un de l'autre par une simple couche *de vernis à la gomme laque*. Au moment de la rupture du courant, ni l'étincelle, ni la secousse n'ont été sensiblement modifiées. J'ai pensé que cela pouvait tenir à la faible capacité du condensateur. Je l'ai remplacé alors par le condensateur d'une bobine de Ruhmkorff, donnant 15 centimètres d'étincelle. Dans ces conditions, l'*étincelle de rupture a été fortement diminuée*, comme on devait s'y attendre; mais, chose curieuse, l'*énergie de la secousse a été considérablement accrue*, à tel point que j'ai pu foudroyer un cobaye après huit à dix ruptures de courant. Je reviendrai sur l'explication de ce phénomène inattendu. Pour le moment, je concluerai simplement que l'interposition, en dérivation, d'un condensateur sur les bornes d'une machine, diminue les chances de détérioration de la machine par l'extra-courant de rupture, mais que le dispositif accroît considérablement les dangers pour l'homme.

NOUVEAU PHÉNOMÈNE

DANS LES LAMPES A INCANDESCENCE

M. Preece signale un phénomène très curieux découvert par Edison dans les lampes à incandescence (V. *Lumière électrique*, 4 avril 1885). Que l'on suppose les deux bornes d'un galvanomètre reliées : l'une A à l'électrode positive d'une lampe à incandescence, l'autre B à une lame mince de platine fixée entre les branches ascendante et descendante du filament de charbon, cette lame n'ayant aucun contact avec les électrodes ni avec le filament. Lorsque le charbon est porté à l'incandescence, malgré l'isolement apparent du circuit galvanométrique, on constate que celui-ci est traversé par un courant comme s'il constituait une dérivation entre les deux électrodes de la lampe. Si l'on augmente le nombre des éléments de pile employés pour le circuit de la lampe, l'éclat lumineux augmente rapidement et en même temps l'intensité du courant dérivé. Toutefois, le nombre des éléments continuant à augmenter, à partir d'un certain moment, on constate que la résistance du filament augmente graduellement de telle sorte que le courant qui le traverse reste constant; par contre, le courant dérivé dans le galvanomètre diminue. On observe en même temps dans le globe de verre un effet bleu diffus, et il se forme entre la lame de platine et l'électrode négative un arc

brillant constitué sans doute par un peu de matière conductrice détachée du bas du filament de charbon. Le filament s'use rapidement et finit par casser; le globe et la lame de platine sont alors tout noircis.

M. Preece s'est proposé d'étudier comment varient, dans le circuit galvanométrique, l'intensité du courant ainsi que la force électromotrice et la résistance de la dérivation à travers le vide de la lampe lorsque varie le nombre des éléments de la pile. Il calculait ces quantités en mesurant pour un régime donné : 1° la différence des potentiels aux deux électrodes de la lampe; 2° l'intensité du courant dans la branche du galvanomètre sans rhéostat intercalé; 3° l'intensité du même courant lorsqu'il intercalait un rhéostat connu (*). Les résultats généraux qu'il a obtenus sont les suivants :

1° L'intensité du courant dans la dérivation, d'abord insensible, croît rapidement avec le nombre des éléments de la pile jusqu'au point critique que nous avons signalé, puis décroît jusqu'au moment où l'incandescence est telle que le filament casse (Dans une des expériences : point critique pour 88 volts; à 97 volts le filament casse).

2° La résistance de la dérivation, d'abord considérable, décroît rapidement jusqu'au point critique

(*) La méthode employée par M. Preece et dont il donne lui-même une description rapide, paraît prêter à des objections sérieuses au point de vue de la rigueur. Elle donne des résultats sûrs lorsqu'il s'agit de mesurer des résistances et des forces *em* qui ne varient pas avec le courant traversant le circuit. Mais ce n'est pas le cas, sans doute, pour la résistance de l'espace compris entre la lame de platine et le filament de charbon ni pour la force *em* développée dans cet espace. L'addition du rhéostat dans la dérivation galvanométrique y fait varier le courant et par suite la résistance et la force *em* à mesurer. Cette réserve faite, les résultats trouvés par M. Preece n'en présentent pas moins un grand intérêt.

(minimum observé : 1.400 ohms) et croît ensuite énormément.

3° La force *em* dans la dérivation paraît décroître d'abord jusqu'à une certaine valeur (9^{volts},5) qui reste assez constante jusqu'au point critique et, à partir de ce moment, croît très rapidement jusqu'à atteindre la force *em* de la lampe elle-même. Néanmoins elle croît moins rapidement que la résistance puisque le courant va en diminuant.

4° Lorsque la borne A du galvanomètre était reliée, non plus comme précédemment à l'électrode positive, mais à l'électrode négative, on observait les mêmes phénomènes, mais beaucoup plus faibles en général. Il est même arrivé qu'avec une lampe à filament long (150 millimètres) on n'a obtenu ni courant dérivé, ni effet bleu.

Ces expériences ont été répétées sur des lampes de formes très diverses, dans lesquelles la lame de platine était remplacée par des lames d'autres métaux, dont les dimensions variaient notablement. Ces lampes avaient été construites par Edison spécialement pour les études que M. Preece avait entreprises. On se servait d'éléments Faure-Sellon-Volckmar, d'un ampèremètre à ressort d'Ayrton et Perry dans le circuit de la lampe et d'un galvanomètre du Post-Office dans la dérivation. Aucune mesure photométrique n'a été prise.

M. Preece explique le phénomène d'Edison par la formation d'un pont de molécules de charbon entre la plaque métallique et la jonction négative du filament (On trouve ces molécules déposées sur la plaque). Quand on arrive au point critique, l'incandescence bleue et la flamme semblent embraser tout le globe,

et le filament commence à se désagréger par la projection des molécules de sa surface. La projection des molécules ayant lieu, selon Crookes, du pôle négatif au pôle positif, on s'expliquerait ainsi la faiblesse de l'effet obtenu lorsque la borne A du galvanomètre est reliée à l'électrode négative de la lampe.

A. V.

CHRONIQUE.

Cabines téléphoniques.

Le Président de la République française,

Vu l'article 2 de la loi du 21 mars 1878;

Vu la loi du 5 avril 1878;

Sur le rapport du ministre des postes et des télégraphes,

Décrète :

Art. 1er. — Toute personne peut, à partir du 1er janvier 1885, au moyen des cabines téléphoniques mises par l'État à la disposition du public, correspondre soit avec une autre personne placée dans une cabine téléphonique de la même ville, soit avec un abonné du réseau.

La taxe à percevoir pour l'entrée dans les cabines publiques est fixée, par cinq minutes de conversation :

A Paris, à 50 centimes.

Dans toutes les autres localités de France, d'Algérie et de Tunisie, à 25 centimes.

Art. 2 — Des communications téléphoniques à distance peuvent être mises à la disposition du public.

Les lignes auxquelles est appliquée cette mesure sont indiquées par décision ministérielle.

La taxe à percevoir par cinq minutes de conversation de ville à ville est fixée :

Pour toute distance inférieure à 100 kilomètres, à 1 franc.

Cette taxe peut être réduite à 50 centimes, lorsque les deux villes entre lesquelles l'échange des conversations par téléphone a lieu, ont été classées par décision du ministre des postes et télégraphes, comme faisant partie d'un seul et même groupe téléphonique.

Les conditions dans lesquelles cette taxe est perçue, soit

sur la personne qui demande la communication, soit par moitié sur chacune des deux personnes en correspondance, et en général toutes les conditions d'exécution du service sont déterminées par arrêtés du ministre des postes et des télégraphes.

Fait à Paris, le 31 décembre 1884.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des postes et des télégraphes,

AD. COCHERY.

Pile à circulation de liquide.

De M. J. CARPENTIER.

La pile que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie fonctionne avec un seul liquide bichromaté, et présente des conditions particulières de constance.

Pour concevoir le principe sur lequel elle est fondée, qu'on imagine un siphon dont les deux branches inégales plongent dans le même vase contenant le liquide excitateur, l'une s'arrêtant dans le voisinage de la surface et l'autre allant près du fond. Dans la branche la plus longue, sont disposées les électrodes d'un couple zinc et charbon. L'amorçage du siphon ayant été fait d'une manière quelconque, le liquide remplit les deux branches et se tient en équilibre, s'il reste homogène. Mais qu'on vienne à réunir les deux électrodes du couple par un circuit, un courant prend naissance, le zinc se dissout et augmente la densité du liquide où il plonge. L'équilibre hydrostatique est rompu et il s'établit automatiquement une circulation, proportionnée à l'intensité du courant : le liquide chargé de zinc se dépose au fond du réservoir ; le liquide frais en reste séparé suivant une surface plane absolument nette et, par ascension, remplace le liquide que la gravité a entraîné. Un régime permanent s'établit.

Un semblable élément peut être comparé à une cheminée

dans laquelle le comburant est appelé à se renouveler par tirage autour du combustible.

J'ai adopté, à cause des facilités de construction, la forme tubulaire pour mon élément. Le charbon est un tube à l'intérieur duquel est suspendu un crayon de zinc. Cette capacité intérieure constitue la branche longue du siphon. Dans mon appareil d'essai, la deuxième branche est l'espace annulaire compris entre le charbon et un tube enveloppe en verre. La communication entre les deux branches est établie par une couronne de trous, percés en haut du charbon. L'amorçage du siphon se fait par aspiration.

Cet amorçage pourrait également s'obtenir par refoulement, mais, pour éviter les joints rarement étanches pour l'air, le plus simple est d'amener le liquide au niveau convenable, c'est-à-dire un peu au-dessus des orifices d'alimentation, en plongeant l'élément dans le réservoir même du liquide excitateur.

Plusieurs éléments peuvent être plongés dans le même réservoir, à la condition de réduire au minimum les dérivations de l'un à l'autre, en les enveloppant de gaines isolantes de caoutchouc ou de verre, munies seulement des petits orifices supérieurs et inférieurs nécessaires à la circulation. Dans une pareille situation, les éléments en fonction consomment seuls du liquide, les autres ne provoquent d'autre circulation que celle qui correspond à l'usure locale du zinc, d'autant moindre que le métal est plus pur ou mieux amalgamé.

Avec les dimensions auxquelles je me suis arrêté, l'espacement des éléments peut être de $0^m,03$ d'axe en axe. Dans un carré de $0^m,25$ de côté, on en peut donc faire tenir plus de cinquante.

Chacun d'eux peut débiter en marche normale environ un ampère et demi, et il semble que ce modèle convienne particulièrement à l'éclairage par incandescence, dans lequel le courant ne dépasse guère cette intensité. Un groupement approprié permettrait d'ailleurs de faire toute autre application.

(*Comptes rendus.*)



Sur une pile à deux liquides.

Note de M. A. Dupré.

Dans le but d'augmenter la durée des piles à bichromate, j'ai essayé des liquides analogues à ceux en usage, dans lesquels tout ou partie de l'acide sulfurique était remplacé par une quantité équivalente de l'acide azotique.

En faisant fonctionner les piles montées avec ces liquides, je fus surpris de ne pas voir apparaître le dégagement attendu de vapeurs nitreuses; le bioxyde d'azote ou l'acide hypoazotique étaient fixés par l'acide chromique.

Pour m'assurer de l'exactitude de ce fait, je fis arriver, pendant sept heures, un courant de bioxyde d'azote dans 200^{cc} d'une solution d'acide chromique dans l'acide nitrique : le gaz fut complètement absorbé.

Il n'y avait plus à douter, la suppression des vapeurs nitreuses de la pile Bunsen était possible; je cherchai immédiatement à réaliser une pile mixte à base d'acides nitrique et chromique.

Des mélanges plus ou moins complexes ont été essayés en vue de diminuer la résistance intérieure de l'élément; mais, ces expériences n'étant pas terminées, je me borne, pour prendre date, à indiquer les résultats obtenus avec un liquide dépolarisant, formé simplement d'acide nitrique, dans lequel on dissout 75 grammes de bichromate de potasse par litre; autour du zinc, ou peut employer de l'eau acidulée, du bisulfate de potasse, etc. Les résultats indiqués ci-après ont été obtenus avec une solution d'eau salée à 30 p. 100.

Un élément rond, genre Bunsen (diamètre intérieur du zinc, $0^{m},086$; hauteur immergée dans la solution, $0^{m},125$), chargé avec 650^{cc} de solution salée et 350^{cc} de liquide dépolarisant, a travaillé, sans perte notable, pendant plus de quinze heures, en donnant 8 à 9 ampères et environ 2 volts, la force électromotrice variant avec la concentration de l'acide employé.

L'acide nitrique étant d'un prix élevé, j'ai cherché à obtenir un liquide plus économique; on peut le préparer de la manière suivante : on dissout 510 grammes de nitrate de soude pulvérisé dans 600^{cc} d'eau et l'on ajoute successivement 400^{cc}

d'acide sulfurique ordinaire et 60 grammes de bichromate de potasse pulvérisé.

Ce liquide renferme tous les éléments du précédent, l'acide nitrique s'y trouve seulement à un plus grand état de dilution; cependant le mélange est bon conducteur et donne d'excellents résultats.

Les mêmes éléments que ci-dessus, montés avec ce liquide, ont travaillé quinze heures en donnant environ 8 ampères et $1^{volt},5$ à $1^{volt},7$.

Toutes ces mesures ont été prises à l'ampèremètre et au voltmètre Deprez-Carpentier (type d'atelier). Les constantes de la pile devront être prises plus exactement, mais les chiffres cités montrent déjà les avantages de cette pile pour l'éclairage, pour actionner les moteurs d'aérostats, etc.

M. Thame avait proposé autrefois une pile à acide nitrique et acide chlorochromique; d'autre part, MM. Holmes et Burcke ont expérimenté dans les piles le mélange de nitrate de soude et d'acide sulfurique; je tiens à signaler ces essais antérieurs, que j'ignorais complètement au commencement de mes expériences.

Les essais de MM. Thame, Holmes et Burcke ne paraissent pas avoir abouti pratiquement; il en a été de même de ceux dans lesquels les sels ferreux étaient employés pour retenir les vapeurs nitreuses.

Mes expériences me font espérer qu'il n'en sera pas ainsi pour l'élément que je viens de décrire, le dégagement de vapeurs nitreuses est nul; pour rendre cet élément plus pratique encore, je le fais construire sous une forme particulière, dans laquelle les liquides ne pourront pas se mélanger pendant le repos; la nouvelle pile sera ainsi toujours prête à fonctionner.

(*Comptes rendus.*)

Sur les variations diurnes des éléments magnétiques du parc de Saint-Maur pendant les années 1883 et 1884.

(Extrait d'une Note de M. Th. MOUREAUX.)

Déclinaison. — La déclinaison passe chaque jour par deux minima et deux maxima; le minimum de l'oscillation principale se produit en moyenne vers 8^h20^m du matin, et le maximum vers 1^h20^m du soir. L'heure de ce maximum est assez constante dans le cours de l'année; le minimum, au contraire, a lieu vers 7^h en été et vers 9^h en hiver. L'amplitude de l'oscillation principale est de 9',9 en 1883 et de 10'9 en 1884; elle s'élève à 14' aux environs du solstice d'été et n'atteint pas 6' en hiver. Dans l'oscillation de nuit, le minimum se produit vers minuit et le maximum vers 3^h du matin.

Composante horizontale. — Les courbes de la variation diurne de la composante horizontale H ne manifestent qu'une seule oscillation bien nette, dont le minimum a lieu en moyenne à 10^h30^m du matin et le maximum vers 8^h ou 9^h du soir, plus tôt en hiver, plus tard en été. La variation diurne, en valeur relative, atteint pendant l'été 0,00221, et cette variation tombe à 0,00082 pendant l'hiver; la moyenne annuelle unités C.G.S. est de 0,00031 en 1883 et 0,00032 en 1884.

Composante verticale. — Les courbes de la composante verticale Z montrent une double oscillation diurne. Dans l'oscillation principale, le minimum tombe à midi et le maximum entre 6^h et 7^h du soir. L'amplitude relative s'élève en été à 0,00076; en hiver elle est seulement de 0,00021; la moyenne annuelle en unités C.G.S. est de 0,00018 en 1883 et 0,00022 en 1884. L'oscillation secondaire se produit le matin, le minimum a lieu vers 4^h et le maximum vers 7^h ou 8^h; elle est d'ailleurs extrêmement faible.

Inclinaison. — La variation diurne de l'inclinaison I a été déduite de celle des deux composantes au moyen de la relation $\text{tang}\, I = \frac{Z}{H}$. La courbe met en évidence une oscillation unique dont le maximum seul est nettement accusé. Ce maxi-

mum se produit en moyenne à 10^h du matin; l'inclinaison diminue ensuite très lentement jusque vers le milieu de la nuit, puis se relève jusqu'au maximum suivant. La variation diurne de l'inclinaison est d'environ 2',5 en été et seulement de 1',0 en hiver; la moyene est de 1',8 en 1883 et 1',9 en 1884.

Force totale. — La force totale T a été calculée au moyen de la formule $T = \frac{H}{\cos I}$. Dans l'oscillation principale, le minimum tombe à 11^h30^m du matin et le maximum entre 7^h et 8^h du soir; l'amplitude de cette oscillation est environ 0,00026 de l'intensité en hiver et atteint 0,00092 en été; la moyenne annuelle en unités C.G.S. est de 0,00025 en 1883 et 0,00029 en 1884. L'oscillation secondaire est à peine sensible, surtout en 1884; toutefois l'allure de la courbe semble en montrer le minimum à 3^h et le maximum à 5^h du matin.

Le nouveau téléphone de M. J. Ochorowicz.

Le nouveau téléphone qui a été présenté par son auteur à la dernière séance de la *Société internationale des électriciens*, le 4 février courant, est l'appareil le plus puissant qu'il nous ait été donné d'entendre jusqu'à présent; aussi les nombreuses expériences répétées devant la Société, dans laquelle un récepteur, gros comme le poing, se faisait entendre dans une salle entière, telle que celle de la Société de géographie, ont-elles obtenu un vif et légitime succès.

Le but poursuivi par M. Ochorowicz est de transmettre la parole, le chant et la musique à distance, avec assez de force et de netteté pour qu'on puisse faire entendre l'opéra en plusieurs points éloignés à un grand nombre de personnes à la fois, sans être obligé d'appliquer le récepteur à l'oreille.

Le système comprend un microphone transmetteur, d'une disposition spéciale et nouvelle, sur laquelle l'inventeur garde encore le secret, et d'un téléphone magnétique récepteur dont nous allons donner une description succincte. L'aimant de ce



téléphone est formé d'un cylindre d'acier fendu suivant une génératrice et laissant un intervalle de 5 à 6 millimètres de largeur. Vers le milieu de ce cylindre sont fixés deux noyaux de fer doux de 3 à 4 millimètres de diamètre, sur lesquels sont placées deux bobines. Ces deux bobines sont enfermées dans une sorte de boîte aplatie, formée de deux plaques de fer minces, l'une placée à la partie supérieure, en regard des noyaux, comme dans les téléphones ordinaires, l'autre placée en dessous et vissée sur l'aimant par son milieu. La plaque inférieure est percée de deux trous d'un diamètre plus grand que les noyaux de fer doux qui la traversent, afin qu'elle puisse se mouvoir librement sans jamais les toucher. Ces deux plaques circulaires et parallèles sont reliées entre elles par leurs bords extérieurs à l'aide d'une couronne métallique.

Il résulte de cette disposition que les deux plaques ne sont fixées que par un point, le point d'attache de la plaque inférieure avec l'aimant; elles constituent une sorte de boîte vibrante très élastique et très mobile.

Les deux bobines sont placées à l'intérieur de cette boîte; lorsque le courant ondulatoire, modulé par le transmetteur, traverse ces bobines, il modifie le flux de force à l'intérieur de ces bobines; il l'augmente ou la diminue ; la boîte formée par les deux plaques s'écrase ou se dilate sous l'influence de ces variations d'intensité et vibre *tout d'une pièce*. C'est là la raison de la puissance remarquable de ce téléphone. Il peut aussi fonctionner comme transmetteur magnétique, et permet de parler à une certaine distance et d'écouter de la même façon, mais les effets sont moins puissants, à beaucoup près, qu'avec le transmetteur microphonique.

Toutes les expériences faites à la Société des électriciens ont parfaitement réussi, sauf la dernière, pour laquelle un mot d'explication est nécessaire.

D'après M. Ochorowicz, la chaleur joue un certain rôle dans le transmetteur qu'il vient d'inventer, et lorsque le microphone — qu'il avait primitivement appelé thermophone — n'est plus chaud, l'appareil cesse d'être réglé. Dans les expériences que nous citons, M. Ochorowicz avait fait usage de piles Leclanché qui, après un certain temps de service se

sont polarisées, ont permis le refroidissement du transmetteur et produit ainsi le déréglage. C'est là un inconvénient qui n'enlève rien à la valeur et à l'intérêt du système; il est facile d'y remédier en faisant usage des piles Daniell ou d'accumulateurs.

(*L'Électricien.*) E. HOSPITALIER.

Conducteurs souterrains de M. Fortin-Hermann.

M. Fortin Hermann a imaginé un nouveau système de lignes souterraines qui vient d'être mis à l'essai à Paris.

Le conducteur métallique est introduit dans de petits cylindres en bois se touchant tous et formant chapelet; le tout est ensuite enfermé dans un tuyau en plomb. Ce mode de construction permet de placer la ligne indifféremment dans l'eau, dans la terre, et même dans l'air libre, tout en conservant autour des fils une couche d'air qui constitue le meilleur diélectrique connu et place le câble dans les mêmes conditions qu'un fil aérien.

M. Hermann pense avoir ainsi résolu le double problème d'avoir une ligne qui soit suffisamment isolée dans une tranchée ou même dans l'eau, et qui dans l'air soit à l'abri des influences atmosphériques. L'expérience seule pourra permettre de se prononcer à cet égard, et de dire si les effets de l'induction et de la charge électrostatique sont annulés, comme le pense l'inventeur.

Une première ligne, posée à Paris, depuis peu de temps, entre la Bourse et la rue de Grenelle-Saint-Germain, fonctionne régulièrement jusqu'ici.

BIBLIOGRAPHIE.

Traité élémentaire des mesures électriques, par H.-R. Kempe. Traduit de l'anglais sur la troisième édition par M. Berger, directeur-ingénieur des télégraphes. (Gauthier-Villars, éditeur.)

La science électrique est encore redevable à M. Berger, directeur-ingénieur des télégraphes, d'une nouvelle et excellente traduction : le *Traité élémentaire des mesures électriques*, de H.-R. Kempe. Cet ouvrage a déjà rendu de grands services en Angleterre, il n'est pas douteux que sa traduction ne soit d'une réelle utilité aux praticiens français; elle leur fournira un excellent aide-mémoire pratique, groupant les plus importantes des mesures en usage sur les lignes télégraphiques et facilitant aux employés les moins expérimentés l'installation des appareils.

Ainsi que le traducteur le fait remarquer dans sa préface, le livre de Kempe n'expose point une théorie des mesures électriques, c'est un précis donnant une description sommaire des appareils usuels et l'indication des méthodes à employer pour effectuer des mesures à l'aide de ces appareils. L'exposition en est généralement bonne; chaque description d'une installation de mesure est accompagnée d'une figure indiquant clairement les communications à établir et suivie d'un exemple numérique destiné à servir d'exercice.

On doit savoir gré à M. Berger d'avoir publié une traduction de ce traité. Beaucoup d'électriciens français utilisaient déjà l'ouvrage original dont l'emploi sera désormais rendu facile pour tous.

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie C. Marpon et E. Flammarion, 26, rue Racine

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 **Mars-Avril**

LOCALISATION DES DÉFAUTS

DANS LES CABLES SOUS-MARINS

Quand le conducteur d'un câble, sans être rompu, présente en un point un défaut d'isolement assez grave pour gêner la transmission, on peut, par l'emploi des formules de Blavier, déterminer le lieu précis du défaut, pourvu que l'on connaisse :

1° La longueur totale du câble;

2° La résistance électrique du conducteur, lorsque le câble était en bon état.

On peut suivre deux méthodes pour cette détermination.

PREMIÈRE MÉTHODE.

On ne fait des mesures électriques qu'à l'une des extrémités du câble défectueux.

A la station A, on mesure :

1° La résistance totale du conducteur, a_c, le câble étant mis à la terre par la station B;

2° La résistance totale d'isolement du diélectrique a_i, le câble étant isolé par la station B.

En adoptant les notations suivantes :

l, résistance électrique du conducteur du câble, lorsqu'il était en bon état;

x, résistance du conducteur entre l'extrémité A et le point où se trouve le défaut;

On a :

$$x = a_c - \sqrt{(a_i - a_c)(l - a_c)}.$$

DEUXIÈME MÉTHODE.

On fait simultanément des mesures aux deux extrémités du câble défectueux.

En A, on mesure les deux données : a_c, a_i.

En B, on mesure les deux données correspondantes : b_c, b_i.

On a alors, outre la relation précédente, la nouvelle formule :

$$x = \frac{l + a_i - b_i}{2}.$$

et une autre formule :

$$x = \frac{a(l - b)}{a - b}\left[1 - \sqrt{\frac{b(l - a)}{a(l - b)}}\right].$$

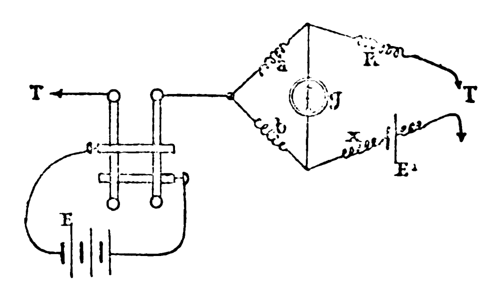
qui permet le contrôle des résultats.

Remarque. — Dans le cas où le câble présente plusieurs défauts, les méthodes précédentes déterminent la position de la résultante.

La mesure des quantités a_c, b_c, a_i, b_i, se fait par le pont de Wheatstone. Pour les deux dernières, on ne peut le faire que lorsque le défaut d'isolement est très grave.

Il est en général très difficile et même quelquefois à peu près impossible d'employer le pont, parce que le câble défectueux est parcouru par des courants étrangers très variables comme intensité. (S'ils étaient constants, on pourrait faire l'essai habituel du pont, « dans le cas où la résistance à mesurer est parcourue par un courant ».)

On pourrait aussi employer la méthode du « Nil-Testing » de sir W. Thomson. Cette méthode consiste à déterminer par tâtonnements les résistances a, b, R, de façon que le galvanomètre g conserve la même dé-



viation, soit que le sommet du pont S soit relié à la terre, soit qu'il soit relié à l'un ou à l'autre des pôles de la pile E, soit qu'il soit isolé.

Lorsque cette condition est satisfaite, on a en effet, outre les quantités a, b, R, x, la relation ordinaire du pont :

$$ax = b\text{R},$$

et cela quelle que soit la force électro-motrice E′ qui se trouve dans la branche inconnue.

Les courants étrangers, dont il vient d'être question, consistent dans des courants terrestres (courants telluriques) et dans le courant naturel du défaut.

Les courants terrestres sont dus à ce que les poten-

tiels de la terre aux deux extrémités et au point défectueux du câble n'ont pas la même valeur.

Quant au courant naturel du défaut, il est dû à ce que l'on a en présence de l'eau de mer deux métaux différemment attaquables : d'une part, le fer ou l'acier galvanisé qui compose les fils de l'armature métallique du câble; d'autre part, le cuivre du conducteur, qui se trouve plus ou moins mis à nu à l'endroit du défaut, puisque l'on se trouve en présence d'une forte diminution de l'isolement du câble.

Ce courant naturel apparaît dans les essais, lorsque l'on met le câble à la terre, soit directement, soit à travers une série d'instruments. Comme le cuivre est ici le pôle +, et le fer le pôle —, le courant naturel va du cuivre au fer à l'extérieur du défaut.

Ce courant naturel est très variable, parce que la force électro-motrice qui lui donne naissance varie avec l'état du cuivre au point défectueux. Selon qu'il est plus ou moins recouvert de dépôts salins insolubles dus à l'action de l'eau de mer, la force électro-motrice a des valeurs différentes.

Comme cette altération du cuivre est plus ou moins modifiée par l'action des courants fournis par les piles d'essais, on voit que l'on fait varier le courant naturel par le fait même d'expérimenter le câble.

Non seulement le dépôt salin qui existe sur le cuivre influe sur la force électro-motrice du courant naturel, mais il influe aussi sur la résistance électrique du défaut, qu'il augmente plus ou moins. On voit donc par ces détails les difficultés que l'on éprouve pour trouver des valeurs comparables pour la résistance du défaut et par suite pour le bien localiser.

On a imaginé plusieurs méthodes pour se mettre à l'abri de ces difficultés.

MÉTHODE DE LUMSDEN.

Dans cette méthode, on cherche à réduire la résistance du cuivre à sa valeur minimum, en faisant disparaître autant que possible les sels déposés sur sa surface.

Cette résistance minimum est en effet une constante, puisque elle représente la résistance d'une certaine colonne d'eau de mer remplissant la fissure du défaut.

Pour éliminer les sels de cuivre, on les décompose en envoyant à travers le câble, pendant 10 à 12 heures de temps, le courant négatif d'une pile de 100 éléments. Lorsque cette décomposition est complète et que le cuivre est bien nettoyé, on emploie le pont de Wheatstone en s'efforçant d'obtenir l'équilibre au moment précis où le câble est délivré du courant naturel. (Voir les détails de cette méthode dans Kempe, *Handbook of electrical Testing*, page 157, dans Culley, etc.).

MÉTHODE DE FAHIE.

Dans cette méthode, on laisse le défaut dans son état actuel, mais on cherche à équilibrer momentanément et le mieux possible le courant naturel, de façon à pouvoir faire l'essai du pont.

La résistance constante que l'on suppose au défaut n'est plus ici sa résistance minimum, mais sa résistance actuelle. Sa constance est loin d'être absolue; cette résistance varie, en effet, avec le temps et dépend

aussi de l'habileté de l'opérateur qui fait les expériences de mesures. S'il sait travailler vite et apprécier la valeur des courants d'essais qu'il emploie, il ne changera que fort peu l'état actuel du défaut.

La variation, avec le temps, de la résistance du défaut explique aussi pourquoi, lorsque l'on emploie la deuxième méthode de localisation, on doit opérer simultanément aux deux stations A, B; car sans cela on n'obtiendrait que des résultats absolument discordants.

Dans la méthode de Fahie, on supprime momentanément le courant naturel du défaut, en envoyant durant quelques instants, à travers le câble, le courant d'une pile de 60 éléments environ. On envoie le courant de sens contraire au courant naturel du défaut. Ici, il faut chercher non seulement à supprimer le courant naturel, mais encore à changer légèrement la polarité du défaut; de cette façon, comme le courant naturel reprend peu à peu le dessus, cette polarité contraire décroît peu à peu et il y a un moment précis où il ne circule plus aucun courant dans le câble; c'est ce moment que l'on doit utiliser pour faire l'essai du pont. (Voir les détails de cette méthode dans Kempe, page 158).

Modification de la méthode de Fahie.

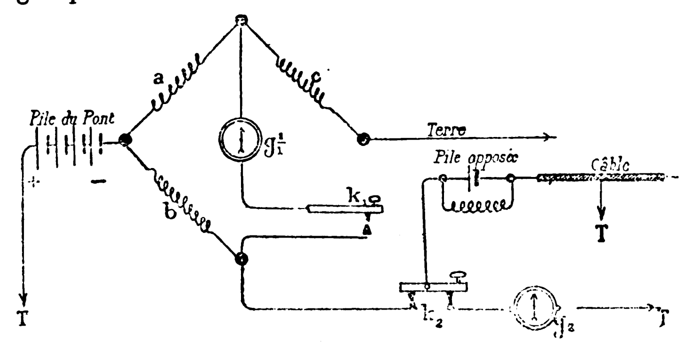
Ni l'une ni l'autre des deux méthodes précédentes ne peuvent éviter les difficultés dues au courant terrestre dont la cause, comme on l'a vu plus haut, est bien différente de celle du courant naturel. Aussi, lorsque l'on emploie ces méthodes, après avoir réagi sur le courant naturel, est-on obligé d'attendre sinon que les courants terrestres aient totalement disparu, du moins qu'ils soient très faibles.

Ces courants terrestres sont aussi fort gênants, quand

il s'agit de mesurer la résistance de câbles en bon état, mais d'une très grande longueur.

Voici le principe de la modification à faire subir à la méthode de Fahie :

On oppose au courant résultant de l'ensemble du courant naturel et des courants terrestres le courant d'une pile très constante dont on fait varier la force électro-motrice, de façon à supprimer le courant étranger qui circule dans le câble.

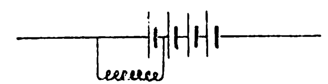


La figure théorique ci-dessus montre la disposition de l'expérience :

Si on n'avait affaire qu'au courant naturel du défaut, dont la force électro-motrice maximum est comprise entre 0,7 et 0,8 de celle d'un élément Callaud, il suffirait d'un seul élément Callaud comme pile d'opposition. On devrait même établir une dérivation convenable entre les deux pôles de cet élément pour diminuer sa force électro-motrice et lui donner une valeur comparable à la force électro-motrice que produit le courant naturel.

Si, outre le courant naturel, le câble en essai est parcouru par des courants terrestres, on prendra une pile formée d'un nombre suffisant d'éléments Callaud.

Comme, en général, on ne pourra pas supprimer le courant étranger avec un nombre entier d'éléments, on fera l'appoint convenable au moyen d'une dérivation établie sur l'un d'eux :



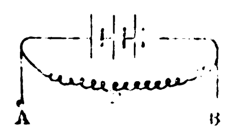
On doit employer des éléments très constants pour constituer la pile d'opposition, car il importe que cette pile varie le moins possible. Comme il y a toujours un élément dérivé avec une faible résistance, cet élément serait bientôt très affaibli s'il était d'un type variable. Mais on se trouvera toujours dans de bonnes conditions en employant des éléments Callaud.

Quant à la dérivation que l'on doit établir entre les pôles de l'un des éléments de la pile d'opposition, on la constituerait de deux parties. La première partie consisterait dans une caisse de résistance ordinaire permettant d'obtenir toutes les résistances comprises entre 0 et 100 ohms. La deuxième partie, que j'appellerai rhéostat à curseur, serait formée par un fil métallique d'une résistance d'un ohm et que l'on introduirait partiellement par un moyen quelconque dans le circuit de la dérivation. On pourrait, par exemple, adopter la simple disposition d'un fil tendu, comme dans le pont à fil divisé.

Avant d'opposer la pile au courant qui circule dans le câble, il est bon, pour éviter des tâtonnements prolongés, de mesurer la force électro-motrice de ce courant étranger. On détermine aussi la force électromotrice et la résistance de la pile Callaud qui doit servir pour l'opposition ; on peut alors régler *à priori* (*) et *grosso modo* avec la caisse de résistance la dérivation

(*) E désignant la force électro-motrice d'une pile, p sa résistance, la valeur de la résistance r, qui, mise en dérivation entre ses deux pôles,

de cette pile. Il ne reste plus pour achever le réglage qu'à agir avec le rhéostat à curseur jusqu'à ce que le courant étranger du câble soit totalement supprimé.



On profite de ce moment pour faire l'essai du pont. Si on opère assez vite pour le réglage de la pile d'opposition, et surtout si on prend le soin de n'établir cette pile dans le circuit qu'après avoir réglé approximativement la valeur de sa dérivation, on n'altère pas sensiblement la résistance du défaut, de telle sorte que la durée de l'état neutre du câble est assez grande pour pouvoir régler le pont à son aise. D'ailleurs avant d'arriver à l'équilibre définitif du pont, on doit s'assurer si le câble est encore bien à l'état neutre, et au besoin modifier le réglage de la dérivation. Il y a toujours un petit changement à opérer dans ce réglage, car l'état du défaut peut avoir été légèrement modifié par l'envoi du courant négatif de la pile du pont, ou encore les courants terrestres peuvent avoir varié d'intensité durant les essais préliminaires.

Quant à la modification du réglage, elle se fait de la manière suivante :

Si c'est le courant du câble qui prédomine (d'après les indications du galvanomètre G_2), il faut pour le faire disparaître augmenter la différence de tension aux deux pôles de la pile d'opposition, et, par suite, augmenter la valeur de la résistance de la dérivation. C'est l'opé-

fera tomber la différence des potentiels de ces deux pôles de la valour E à la valeur E′, est donnée par la formule

$$r = p \frac{E'}{E - E'},$$

qui suppose que les deux pôles A, B sont isolés.

ration inverse que l'on doit faire, si c'est le courant de la pile qui prédomine.

Enfin, après avoir obtenu l'équilibre définitif du pont, il sera bon de s'assurer que l'on n'a pas modifié du moins sensiblement l'état du défaut. Pour cela, après avoir enlevé la pile d'opposition, on mesurera la force électromotrice du courant étranger qui doit être aussi peu différente que possible de la valeur trouvée au commencement des essais.

Il va sans dire que l'on doit retrancher de la résistance donnée par l'essai du pont la résistance composée de la pile d'opposition et de sa dérivation. J'ai fait de très nombreuses expériences par cette méthode; elle m'a donné des résultats très satisfaisants et surtout comparables, quand je mesurais la résistance d'un même défaut à plusieurs jours d'intervalle. Elle permet d'opérer très vite, sans que l'on ait à craindre d'être inquiété par des causes imprévues, comme on l'est dans la méthode de Fahie par les courants terrestres. Avec un peu d'habitude, on arrive facilement à obtenir l'équilibre définitif au bout de cinq minutes environ.

Les deux tableaux qui suivent renferment les résultats que j'ai trouvés pour deux des nombreux défauts que j'ai étudiés. Ces défauts ont été créés dans des bouts de câbles de grands fonds, en enlevant la gutta-percha sur une certaine longueur d'âme, de façon à mettre le conducteur à nu. Ils étaient immergés dans de grandes cuves en tôle de fer galvanisé, pleines d'eau de mer.

La terre pouvait être prise, soit directement sur l'armature métallique du câble, soit sur la paroi de la cuve, puisque l'une et l'autre sont en fer galvanisé.

Comme les fils de secours employés consistent dans

des bouts d'âme de câble sous-marin, il fallait prendre des précautions pour établir le contact entre le conducteur en cuivre du fil de secours et le fer galvanisé, et éviter que ce point de contact soit humecté par de l'eau de mer. Sans cette précaution, la force électromotrice, développée en ce point de contact, aurait pu fausser les essais ayant pour objet la détermination de la force électro-motrice du courant naturel, et l'étude de ses variations avec le temps.

Ces essais comprennent :

1° La détermination de la déviation D, produite dans le galvanomètre par la décharge d'un condensateur (1/3 de microforad) chargé pendant dix secondes avec le courant naturel du défaut.

2° La détermination de la déviation D', produite dans le galvanomètre par le courant permanent du défaut circulant à travers un circuit comprenant les résistances suivantes :

Résistance du galvanomètre	7.830
— du défaut.	x
Rhéostat de.	100.000 ω

Ces deux résultats permettent d'évaluer de deux façons différentes la force électro-motrice qui produit le courant naturel. Mais pour cela il faut les comparer aux quantités correspondantes, trouvées avec l'élément de pile dont la force électro-motrice est prise pour unité.

J'ai adopté pour élément étalon l'élément Callaud, qui me servait comme pile d'opposition et qui était entretenu avec le plus grand soin. On peut d'ailleurs se rendre compte de sa constance, en considérant les résultats inscrits plus loin.

En prenant les chiffres trouvés le 30 août pour le défaut A, on trouve :

pour la force électro-motrice du courant naturel $= \frac{290}{387}$
$= 0^{\text{callaud}},749$ **calculée d'après les déviations de décharge;**
et = sensiblement $\frac{1.730}{2.505} = 0^{\text{call.}},691$ **d'après les déviations du courant permanent.**

Cette seconde façon de calculer est bien moins précise que la première, car elle suppose que la résistance du défaut et la résistance du Callaud étalon sont égales.

On peut croire au premier abord qu'il y a double emploi à prendre deux données pour le courant naturel; je vais montrer que cela est très utile pour pouvoir apprécier les conditions dans lesquelles a été faite la mesure de la résistance du défaut. En effet, si l'on mesure pour le courant naturel les déviations D et D′, d'abord au commencement de l'expérience, puis ensuite à la fin, on ne retrouve que très rarement les mêmes résultats. Ceci tient à ce que, dans l'intervalle des deux mois, l'on a opposé au courant naturel une pile dont la dérivation était plus ou moins bien réglée, et aussi parce qu'on a émis pendant plus ou moins de temps le courant négatif de la pile du pont. (Dans mes essais, cette pile était composée de 10 éléments Callaud.)

Quelquefois les résultats trouvés pour D et D′ à la fin de l'essai sont supérieurs à ceux trouvés au commencement, mais en général ils sont inférieurs, et il est évident que la mesure de la résistance du défaut a été faite dans des conditions d'autant meilleures que la différence entre les deux valeurs de D et de D′ est plus faible. Mais cette différence n'indique pas forcément

que l'on ait altéré la résistance du défaut. En effet, si les variations de l'intensité du courant naturel et de la force électro-motrice qui lui donne naissance sont proportionnelles, la résistance du défaut est constante.

Je ferai remarquer d'autre part que, lorsque les valeurs de D et de D′ trouvées à la fin de l'expérience sont inférieures à celles déterminées au commencement, cela prouve que la pile d'opposition n'agissait pas suffisamment, et par suite que la résistance de la dérivation était trop faible. Dans ce cas, en effet, le courant négatif de la pile du pont s'est fait sentir sur le défaut, qu'il a altéré, en détruisant légèrement les dépôts salins.

Lorsqu'au contraire la résistance de la dérivation est trop forte, le courant positif de la pile d'opposition agit sur le défaut et augmente très rapidement les dépôts salins. (On sait en effet que l'émission même courte d'un courant positif sur le défaut a un effet plus rapide et plus difficile à effacer que celui dû à l'envoi d'un courant négatif. Ce fait a été soigneusement vérifié par Fahie, dans ses recherches.) Cet accroissement des dépôts salins provoque une augmentation de la force électro-motrice et de l'intensité du courant naturel; mais ici il n'y a pas de variations proportionnelles, car la résistance du défaut augmente en même temps.

Enfin, je ferai remarquer que ces conclusions ne sont que relatives. Pour être plus rigoureux, il faudrait tenir compte de la durée d'émission du courant négatif de la pile du pont qui altère nécessairement le défaut. Aussi je puis dire, ce que vérifie d'ailleurs l'examen des tableaux suivants, que les résultats trouvés sont d'autant meilleurs et plus certains que le réglage du pont a été obtenu plus rapidement.

Défaut A.

Il consiste dans un bout de câble sous-marin dont le conducteur a été mis à nu sur une
gueur de 5 millimètres.

Il a été immergé dans l'eau de mer le 30 août 1884, à 3h25 du soir.

DATE.	HEURE.	COURANT naturel au commencement de l'essai. — Déviation du galvanomètre		PILE d'opposition non dérivée (1 callaud). — Déviation du galvanomètre		PILE d'opposition		RÉSISTANCE nette du défaut.	COURANT naturel à la fin de l'essai. — Déviation du galvanomètre		DURÉE de l'essai.	OBSERVATIONS.
		pour le courant de décharge.	pour le courant permanent.	pour le courant de décharge.	pour le courant permanent.	résistance intérieure.	résistance de la déviation.		pour le courant de décharge.	pour le courant permanent.		
			courant +							courant +		
1884		divis.	divis.	divis.	divis.	ω	ω	ω	divis.	divis.	min.	
30 août	3h 30 s.	290	1.730	387	2.505	6	15,2	70,5	285	1.650	30	
1er sept.	8 50 m.	285	1.700	388	2.520	6,25	11,2	60,3	200	1.400	15	
2 —	9 30 m.	281	1.730	390	2.550	5,75	8	59,5	244	1.555	10	
3 —	9 30 m.	286	»	390	2.540	5,75	11	57	251	1.605	15	
4 —	4 20 s.	285	1.780	389,5	2.540	5,75	10,7	56,6	281	1.760	7	Le défaut été altér
5 —	10 m.	290	1.785	392	2.625	6	10,5	65	330	2.230	10	
6 —	15 m.	289	1.790	390	2.610	6	10,1	61	268	1.700	10	
9 —	3 30 s.	289	1.750	398	2.610	6	9	62,2	236	1.565	17	
10 —	3 15 s.	286	1.735	396	2.610	6	10,7	57,5	287	1.750	10	
11 —	3 45 s.	289	1.760	396	2.570	6	10,8	60,5	288	1.750	7	
15 —	3 30 s.	280	1.740	375	2.445	5,5	11	61,1	240	1.580	15	
19 —	8 30 m.	290	1.735	382	2.550	5,5	10	60,1	270	1.700	15	
24 —	10 20 m.	285	1.770	390	2.590	5	6,5	59,2	253	1.600	10	
28 —	9 50 m.	270	1.650	387	2.450	4,5	10	59,7	250	1.560	4	
1er oct.	8 45 m.	287	1.710	389	2.560	4,5	8	62,1	280	1.660	11	

Défaut B.

Il consiste dans un bout de câble sous-marin dont le conducteur a été mis à nu sur une longueur de 15 millimètres.

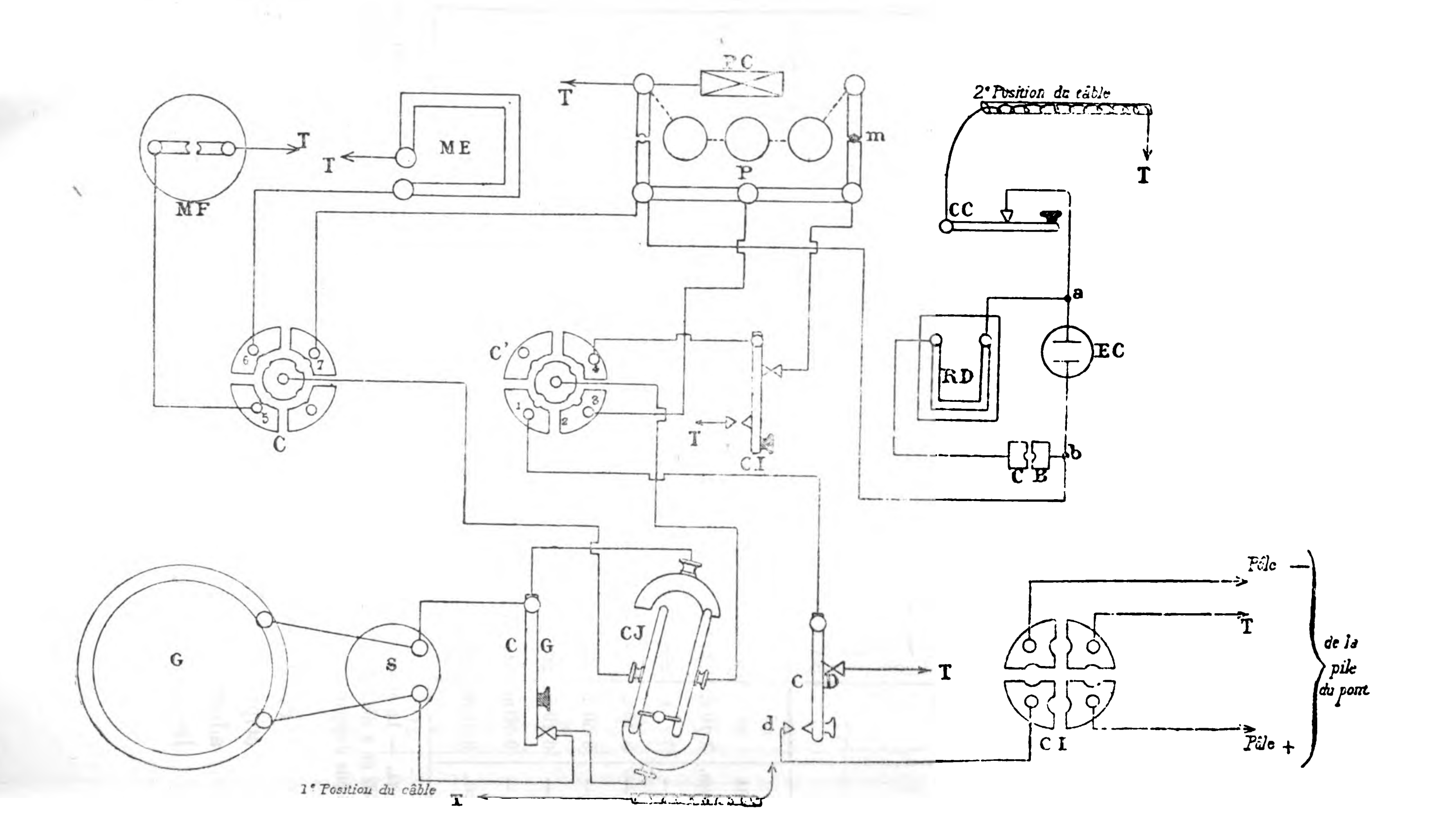
Il a été immergé dans l'eau de mer le 2 juin 1884.

Durant la période comprise entre la date d'immersion et celle du 9 novembre, ce défaut a été soumis à de nombreux essais par les méthodes de Lumsden et de Fahie.

DATE.	HEURE.	COURANT naturel au commencement de l'essai. — Déviation du galvanomètre		PILE d'opposition non dérivée (1 callaud). — Dérivation du galvanomètre		PILE d'opposition		RÉSISTANCE nette du défaut.	COURANT naturel à la fin de l'essai. — Déviation du galvanomètre.		DURÉE de l'essai.	OBSERVATIONS.
		pour le courant de décharge.	pour le courant permanent.	pour le courant de décharge.	pour le courant permanent.	résistance intérieure.	résistance de la déviation.		pour le courant de déviation.	pour le courant permanent.		
1884		divis.	courant + divis.	divis.	divis.	ω	ω	ω	divis.	courant + divis.	min.	
9 sept.	3 10 s.	235	1.585	398	2.610	6	9	32,2	270	1.735	18	Le défaut a été altéré.
10 —	3 s.	274	1.785	396	2.610	6	10	31,6	264	1.710	15	
15 —	3 10 s.	230	1.545	375	2.445	5,5	10	36,1	238	1.575	20	Le défaut a été altéré.
19 —	8 50 m.	555	1.600	382	2.550	5,5	6,5	37,8	220	1.485	9	
24 —	10 10 m.	267	1.740	390	2.590	5	7	34,4	255	1.650	5	
28 —	9 30 m.	242	1.640	387	2.450	4,5	10	34,7	230	1.590	6	
1er oct.	8 15 m.	240	1 580	389	2.560	4,5	7	36,3	227	1.500	8	

Nota. — La *résistance nette* du défaut est la valeur trouvée par l'essai du pont, mais de laquelle on a défalqué l'ensemble des résistances des fils de secours et de la résistance composée de la pile d'opposition et de sa dérivation.

Pour compléter cette étude, je vais donner la description du dispositif de la table d'expériences que j'ai adopté pour l'étude des défauts qui se présentent dans les câbles sous-marins. (Une grande partie de ce dispo-


2° Position du câble
1° Position du câble
de la pile du pont
Pile −
Pile +
T
EC
RD
CC
C B
C I
C'
C
CJ
C G
S
G
ME
MF
PC
P
m
a
b
d
D

sitif a été trouvée par M. Boudon, commis principal, attaché à l'usine des câbles de La Seyne).

Dans ce dispositif, on s'est ingénié à n'employer qu'un seul galvanomètre, pour constater l'état du câble et faire l'expérience du pont :

1° *Mesure de la résistance intérieure de la pile d'opposition*, par la méthode de la demi-déviation en dérivant le galvanomètre avec une très faible résistance.

On met le pôle à la terre ; chevilles en 7 et 1 ; on attache le pôle *b* à la borne *d* de la clef de décharge ; le pont est intercalé dans le circuit comme rhéostat.

2° *Mesure de la force électro-motrice de la pile d'opposition*, comme précédemment, sauf cheville en 5 au lieu de 7.

3° *Mesure de la constante du galvanomètre avec la pile d'opposition*, comme précédemment, sauf cheville en 6 au lieu de 5 ; on constate le *sens de la déviation* donnée dans le galv. par le courant négatif de la pile d'opposition.

4° On répète les deux dernières expériences pour le courant naturel du câble en attachant le conducteur du câble à la borne *d*.

5° On place le câble dans la deuxième position en attachant le conducteur à la clef CC, que l'on tient abaissée jusqu'à ce que l'on ait réglé le sens d'opposition de la pile EC ; la dérivation RD est bouchée en CB. (Ce dernier commutateur sert à interrompre le circuit de la dérivation, lorsque l'on ne se sert pas de la pile, afin de ne pas la fatiguer).

Chevilles en 7 et 1. — On constate au galv. si le courant étranger est bien supprimé, sinon on agit en RD d'après le sens de la déviation du galvanomètre. On tient la clef CI abaissée de façon à ce que le cou-

rant étranger ne se rende pas en partie à la terre par le pont, et on enlève la cheville *m* pour la même raison.

6° *Essai du pont.* Quand le câble est à l'état neutre, on fait l'essai du pont; pour cela, on met des chevilles en 7, 2, 4, et on garde la clef CI relevée. On vérifie, en l'abaissant, en même temps que l'on supprime les chevilles 2 et *m*, l'état de neutralité plus ou moins parfaite du câble, et, par suite, on sait à quel moment il faut abandonner l'essai du pont pour procéder à un nouveau réglage de la pile d'opposition.

Je ne donnerai pas de plus amples détails sur ces essais; il suffit de considérer la figure pour se rendre compte du but que remplit chaque appareil de l'installation et des manœuvres à faire.

Je signale, en terminant cette étude, que le principe de la modification que je propose à la méthode de Fahie a été énoncé par le docteur Werner-Siemens dans un article sur la « théorie de l'immersion et de l'essai des lignes sous-marines », publié dans le *Journal of the Society of Telegraph Engineers* (vol. V, p. 64, 1877).

J'ai cependant cru utile de faire connaître les résultats intéressants que j'ai obtenus.

DÉRIES ARMAND,
Sous-ingénieur des télégraphes,
attaché au service des câbles sous-marins.

RÉSEAU PNEUMATIQUE DE PARIS

Considérations générales. — Le réseau pneumatique de Paris dont la construction fut décidée en 1865 a été complètement terminé en décembre 1884, en ce sens, que tous les quartiers de Paris sont aujourd'hui desservis au moyen de ce système de transport des dépêches (voir Planche ci-jointe).

Mais il est évident qu'une pareille installation est sujette à des développements incessants et à des améliorations qu'imposent les nécessités de l'exploitation et dont la pratique recommande l'application.

Dans une suite d'articles insérés dans les *Annales télégraphiques* (années 1874-1875), M. Bontemps a donné, sur l'établissement des lignes pneumatiques, leur entretien et leur exploitation, des détails très intéressants sur lesquels il n'y a pas lieu de revenir.

Il ne nous reste qu'à les compléter par quelques renseignements sur l'ensemble de l'œuvre.

Au début, c'est à la pression de l'eau de la ville que l'on a eu recours pour obtenir la force dont le fonctionnement des tubes pneumatiques comporte l'emploi; ressource à coup sûr bien restreinte qui ne pourrait répondre à des besoins de quelque importance.

On commença à y renoncer dès l'année 1871, et aujourd'hui l'eau n'est employée que dans un ou deux cas exceptionnels et a été remplacée par l'air comprimé ou raréfié au moyen de machines à vapeur.

J'imagine que si le projet de réseau pneumatique avait été arrêté dès le principe avec tout son développement, sans viser à l'économie et dans la seule pensée d'assurer au service la célérité et la régularité désirables, on aurait admis la création d'un nombre suffisant d'ateliers de force motrice et rejeté le système polygonal, auquel les critiques ne manquent pas, pour adopter le système rayonnant avec deux ou trois centres répartis sur les deux rives de la Seine.

Mais il ne saurait plus être question maintenant de modifier, dans cet ordre d'idées, le plan général du réseau; on ne peut que chercher à atténuer les inconvénients du système économique, qui a prévalu, en doublant les lignes dont le trafic est considérable; et c'est là une opération qui se pratique petit à petit suivant les ressources dont l'administration dispose.

Constitution des ateliers de force motrice. — En ce qui concerne les ateliers de force motrice, qui fournissent à tout le réseau la pression et le vide, ils sont au nombre de huit.

Nous en donnons ci-après l'énumération avec indication du nombre de chevaux-vapeur qui y sont en service, du nombre des réservoirs et pompes à air qui y sont installés, enfin de l'importance du réseau partiel que chacun d'eux dessert (*).

(*) Les ateliers de force motrice, sauf celui de la Bourse, sont tous situés à une certaine distance des appareils pneumatiques qui en disposent et auxquels ils sont reliés par deux canalisations : l'une de pression, l'autre de vide.

Ces canalisations sont établies avec des conduites de 65, 100, 150 ou 200 millimètres de diamètre, suivant les besoins.

Elles ont aujourd'hui un développement total de plus de 23 kilomètres.

DÉSIGNATION de l'atelier.	NOMBRE de chevaux-vapeur.	NOMBRE de réservoirs		NOMBRE de pompes à air.	LONGUEUR du réseau desservi.	NOMBRE de bureaux desservis.	OBSERVATIONS.
		de pression.	de vide.				
Bourse.	20	5	4	3	7k,264	5	
Breteuil..	60	10	8	7	23k,315	9	(1)
Poste central. . .	10	»	»	1	»	»	(2)
Forest..	25	7	5	4	10k,695	7	
Lauriston.	60	13	10	8	22k,627	12	(3)
Pajol.	60	18	12	8	24k,988	15	
Poliveau.	50	9	9	5	23k,625	12	(4)
Valmy	25	6	3	4	17k,175	13	
Saint-Sabin. . . .	50	11	10	6	27k,490	14	
	360	79	61	46	157k,179	87	

(1) Une pompe de rechange.
(2) Pompe installée en raison de l'insuffisance de l'atelier de Breteuil.
(3) Deux pompes de réserve.
(4) Deux pompes à double effet.

Le réseau des tubes pneumatiques absorbe donc pour son exploitation une force de 360 chevaux-vapeur. Comme son développement est en chiffres ronds de 157 kilomètres, c'est près de 2 chevaux 3 qu'il faut dépenser par kilomètre.

Ces 360 chevaux font un travail moyen de 14 heures par jour pendant 360 jours; ils coûtent annuellement 318.000 fr., soit 0f,172 par cheval-heure.

L'exploitation kilométrique revient donc, de ce chef, seulement à 0f,395 par heure.

Composition et poids des trains. — Les trains qui circulent dans les tubes du réseau pneumatique se composent de deux boîtes, l'une armée d'une collerette qui lui fait remplir l'office de piston, l'autre simple-

ment fermée par un manchon en cuir et suivant la première sans attache.

L'intervalle qui sépare les trains dépend de l'importance des réseaux partiels et des besoins de l'exploitation.

Il est minimum entre le Poste central et la Bourse (3 minutes) et varie ailleurs entre 5 et 20 minutes; mais les espacements de 15 à 20 minutes n'existent que sur des lignes tout à fait secondaires; les envois se font le plus généralement toutes les 5 ou 10 minutes.

En fait, la circulation horaire est de 368 trains sur l'ensemble du réseau.

Entre le Poste central et la Bourse où elle est la plus active, et où elle est assurée par trois lignes, l'une directe, les deux autres omnibus (voir la carte), elle se compose de 88 trains à l'heure.

Une boîte-piston pèse, vide $0^{k},475$, pleine $0^{k},555$.

Le poids d'une boîte ordinaire est de $0^{k},377$ à vide, et de 0,407 lorsqu'elle est remplie.

Chacune d'elles peut contenir environ 30 télégrammes; mais, pour le transport des lettres fermées pesant, au maximum, $7^{gr},5$, elle ne saurait en recevoir plus de 15 sans les froisser.

Le poste central et la Bourse sont les deux nœuds principaux du réseau pneumatique en même temps qu'ils sont le siège de l'activité télégraphique la plus importante.

On voit qu'ils sont outillés de manière à échanger par heure par la voie des tubes plus de 2.600 dépêches.

Vitesse des trains. — D'après des expériences réitérées faites sur différentes sections du réseau, la vitesse

des trains est très variable; elle dépend de la longueur des circuits et du nombre des trains engagés à la fois, enfin du degré de pression ou de vide.

Dans tous les cas, elle est sensiblement plus élevée avec la pression qu'avec le vide.

Des difficultés sérieuses, auxquelles on cherche à remédier, empêchent jusqu'ici d'obtenir, soit des machines, soit du régime d'exploitation, un résultat équivalent avec ces deux moyens d'action. La différence varie entre 1/4 et 1/5 en faveur de la pression.

Sur les embranchements, ou sur chacune des sections d'une même ligne polygonale, on ne fait jamais circuler deux trains à la fois; il n'y a d'exception que sur les deux lignes directes de la Bourse.

En raison de la longueur de ces deux lignes et des besoins de l'exploitation, il arrive presque toujours que trois ou quatre trains sont engagés en même temps, et comme les forces dont dispose le poste central ne permettent pas d'obtenir dans cette direction une pression au départ de plus de 40 centimètres, le trajet ne s'effectue pas généralement en moins de 8′15; c'est une vitesse de 6^{m},66 par seconde.

Lorsqu'on n'engage pas plus d'un train sur la ligne, il marche sous la même pression initiale avec une vitesse de 8^{m},25.

Les résultats sont à peu près les mêmes sur les lignes polygonales.

Ainsi, sur celle qui relie la Bastille au Louvre en passant par les bureaux de l'Hôtel de Ville et des Halles (voir la carte) et dont le développement total est de 3.734 mètres, la vitesse est de 8 mètres par seconde, avec une pression moyenne de 44 centimètres et un train engagé dans chacune des trois sections.

Sur les embranchements, tels que celui de Passy-Auteuil, on atteint une vitesse de

12^{m},77 avec la pression.
10^{m},80 avec le vide (*).

Comme les circuîts de 3,000 mètres et au-dessous sont l'exception et que la pression ne dessert pas plus de deux sections consécutives en général, on peut avancer que la vitesse de 8 mètres est un minimum, et que la moyenne, pour l'ensemble du réseau, n'est pas inférieure à 9 mètres.

Nous avons dit que, pour obtenir cette vitesse, on dépense 2, 3 chevaux-vapeur. Comme elle n'est pas en rapport avec les besoins du service, on tend à y consacrer une force de 3 chevaux par kilomètre, avec l'espérance qu'elle atteindra ainsi une moyenne de 12 mètres à la seconde ; mais il n'est pas possible de prévoir exactement ce qu'elle sera dans ces conditions nouvelles. Des éléments précis font encore défaut pour l'évaluer par le calcul.

Parmi les principaux facteurs dont elle dépend l'un d'eux, le frottement de l'air centre les conduites, est très imparfaitement connu et nous ne saurions en fixer la valeur à l'aide des formules empiriques que nous avons trouvées dans certains ouvrages et qui ne semblent pas applicables aux tubes pneumatiques.

(*) Cette vitesse a été réalisée sur la ligne d'Auteuil-Passy (1.628 mètres), mais on ne l'utilise pas dans la pratique : 1° parce qu'elle absorberait une force trop considérable ; 2° parce que les appareils ne sont pas construits pour supporter le choc qui se produirait à l'arrivée.

La pression au départ est de 47 centimètres ; si, comme diverses expériences me le font supposer, la perte de charge est de 10 centimètres par kilomètre, il resterait encore à l'arrivée plus de 30 centimètres.

Bien qu'on n'ait pas les éléments pour calculer la vitesse à la sortie, on peut imaginer, d'après la pression restante, qu'elle doit être encore très considérable.

Nous pouvons toutefois faire ressortir son importance pratique, en étudiant ce qui se passe dans l'exploitation par la pression de la plus longue des sections du réseau de Paris : dans celle du poste central à la Bourse (3.300 mètres).

Disons d'abord que le service des tubes fonctionne avec de l'air comprimé à 50 ou 60 centimètres de mercure au plus (en sus de la pression atmosphérique); et cette pression n'est plus, en tête de ligne, que de 40 ou 50 centimètres.

Analyse de la force motrice consommée. — Au Poste central, l'air envoyé par l'atelier de Breteuil, nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer, n'arrive même aux appareils que sous une pression qui atteint à peine 40 centimètres.

A l'arrivée à la Bourse, cette pression n'est plus que de 10 centimètres. Elle n'est donc en moyenne, sur tout le parcours, que de 25 centimètres.

D'autre part, les tubes ont un diamètre intérieur de $0^{m},065$ qui est aussi celui du curseur. Celui-ci est donc, sur une surface de 33 centimètres cubes, soumis à un effort de $\frac{1}{3}$ d'atmosphère environ.

Le travail produit par l'air comprimé est donc de $33^{c} \times \frac{1}{3} \times 3.300 = 36.300$ kilogrammètres entre le Poste central et la Bourse.

Il reste à indiquer comment il est dépensé.

Les éléments de la dépense sont :

1° Le frottement des trains contre la conduite;

2° La force vive du train;

3° La force vive de la colonne d'air qui remplit la conduite;

4° Enfin le frottement de l'air.

Nous faisons le calcul dans l'hypothèse d'un seul train engagé; nous négligeons l'action de la pesanteur, la différence de niveau étant à peine sensible, et les effets calorifiques qui se développent fatalement, mais dont nous ne sommes pas en mesure d'évaluer l'importance.

Nous pourrions en faire autant de la force vive des trains et de celle de l'air.

Avec des poids et des vitesses aussi faibles, la force vive $\frac{1}{2} mv^2$ a bien peu d'importance. En effet, sa valeur, pour un train de deux boîtes pesant chacune $0^k,500$, n'est que de $\frac{1}{2} \frac{1}{9,80} \times 64 = 3^{kgm},2$.

Quant à la colonne d'air, dont la longueur est de 3.300 mètres et le diamètre $0^m,065$, son poids est de 14 kilogrammes, et, par suite, sa force vive de 45 kilogrammètres.

On voit donc que ces deux éléments de dépense de force sont presque insignifiants.

Il n'en est pas de même du frottement des curseurs.

Le train se compose, comme on sait, d'une boîte-piston, c'est-à-dire avec collerette en cuir, et d'une boîte ordinaire.

Toutes les deux sont munies d'un étui en cuir.

Abstration faite de la collerette, et en admettant 30 degrés pour l'angle de frottement du cuir sur fonte, on a, pour la valeur du frottement

$$P \sin \alpha = 1^k \times 1/2 = 0^k,500.$$

D'autre part, la collerette adhère au tube par un anneau de 1 centimètre de largeur avec une force égale à celle que l'air exerce sur le piston.

Si on prend, pour le frottement du cuir sur fonte sans enduit, la valeur de 0,56, on trouve

$$f = 0{,}0020 \times 0{,}56 \times 1/3 \times 10000 = 3^{k},733.$$

$\left(\frac{1}{3} \times 10.000\right.$ représente la pression moyenne de 0,25 par mètre carré$\left.\right)$.

La valeur totale du frottement du train est donc de $4^{k},233$, soit 13.969 kilogrammètres pour le parcours du Poste central à la Bourse.

Reste le frottement de l'air.

Nous avons dit que nous ne sommes pas en mesure de l'évaluer avec quelque précision; nous ne pouvons procéder que par voie de différence pour en avoir une estimation approximative.

En totalisant les dépenses dues aux forces vives et au frottement du train, on trouve en chiffres ronds 14.017 kilogrammètres.

Comme le travail moteur est de 36.300 kilogrammètres, il y aurait lieu d'imputer 22.283 kilogrammètres au frottement de la colonne d'air placée en avant du curseur.

On voit quel rôle important ce facteur joue dans la consommation de la force; et encore nous n'avons pas tenu compte de la colonne d'air qui précède le train et qui est soumise à une pression plus forte que celle qui le suit.

En fait, pour transporter un poids de 1 kilogramme avec une vitesse de 8 mètres à l'heure, nous consommons aujourd'hui plus de deux chevaux-vapeur par kilomètre.

C'est un bien faible rendement, mais il est inhérent

au système dont il faut accepter les imperfections, tou
en cherchant à en atténuer les conséquences.

Prix de revient du réseau et dépenses d'exploitation. — Les frais de premier établissement du réseau, te
qu'il a été exploité depuis le 15 décembre 1884, se
montent à 5.223.353 francs.

D'autre part, les dépenses annuelles en main-d'œuvre et force motrice, et pour l'entretien du matériel s'élèvent à 840.000 fr.

Si on y ajoute l'intérêt des dépenses de premier établissement calculé à 5 p. 100, ce chiffre se trouve porté à 1 million, en nombre rond.

Il n'y a pas lieu de tenir compte de l'amortissement puisque les lignes et les appareils sont constamment tenus en parfait état.

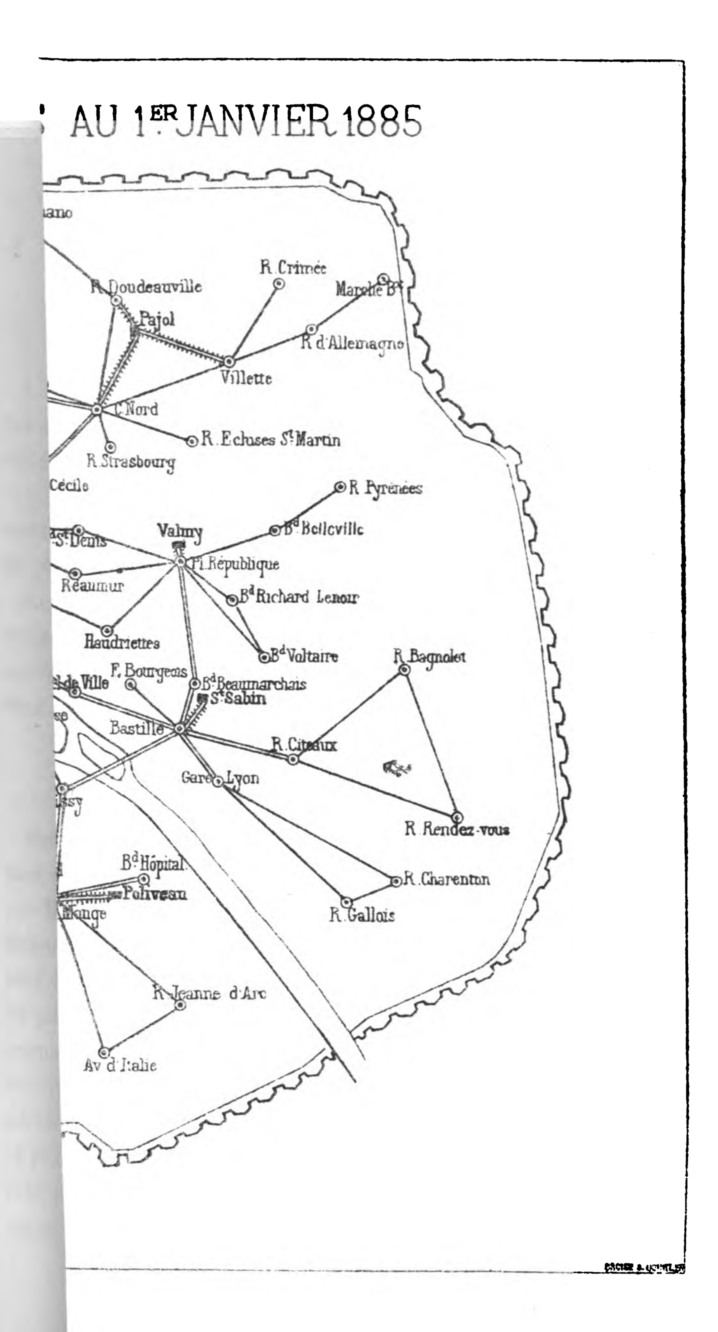
D'autre part, 11 millions de dépêches de toute provenance ont été transportées pendant l'année 1884; c'est donc très approximativement $0^{\mathrm{f}},09$ que coûte le transport par tube de chacune d'elles. Mais il est évident que cette moyenne diminuera sensiblement, à mesure que le trafic s'accroîtra, puisque la capacité des boîtes s'y prête dans une très large mesure et sans augmentation notable de dépenses. La distribution à domicile revient à peu près au même prix.

Eu égard à l'étendue de Paris, ce résultat témoigne d'une exploitation qui fonctionne avec économie, sinon avec la vitesse qu'il sera nécessaire et peut-être possible de lui imposer dans un prochain avenir.

Paris, le 13 mai 1885.

E. CAEL.

AU 1ER JANVIER 1885



EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ

A L'OBSERVATOIRE

L'exposition organisée par la Société internationale des électriciens dans les salons de l'Observatoire est restée ouverte du samedi 21 mars au vendredi 3 avril.

Elle n'a guère fait connaître que des perfectionnements à des appareils connus; encore ne portaient-ils en général que sur des points de détail.

Au point de vue scientifique, une expérience curieuse, due à M. Edison, présentait le seul phénomène nouveau qu'offrît l'exposition; il est d'ailleurs examiné dans une autre partie de ce recueil.

Production de l'électricité.

Machines à vapeur. — A côté des moteurs appartenant aux types connus, en particulier ceux construits par MM. Weyher et Richemond, on remarquait un moteur à grande vitesse, système Parson, qui était pour la première fois, à notre connaissance, mis sous les yeux du public français ; cette machine, dont l'arbre tournait à raison de 1.000 tours environ par minute, actionnait directement une dynamo. La question des machines rapides est d'ailleurs étudiée en ce moment un peu partout, en Europe et en Amérique; elles peuvent, malgré la forte dépense de vapeur qu'elles occasionnent, présenter dans certains cas de réels avan-

tages. Sans atteindre des vitesses aussi grandes, les machines dont M. Lecouteux exposait un spécimen permettent d'obtenir facilement avec une seule transmission la rotation des machines dynamo-électriques; le moteur de M. Lecouteux est d'ailleurs ramassé et paraît moins délicat que le précédent.

Machines électriques. — Des machines Gramme avaient été envoyées par MM. Ducommun et Cie, Sautter et Lemonnier, Mignon et Rouart, etc. Une machine octogonale à double enroulement distribuait le courant à quelques lampes à incandescence, à deux régulateurs Gramme et à quatre moteurs Gramme du type cylindrique; celui-ci est très ramassé et l'anneau y est bien protégé; la puissance des divers modèles actuellement établis varie, paraît-il, de 1 kilogrammètre par seconde à 2 chevaux. Trois moteurs actionnaient un ventilateur Ser, une scie à ruban, une presse typographique; le quatrième faisait tourner la grande coupole de l'est de l'Observatoire.

M. Gérard exposait une machine dynamo à courants redressés de construction assez simple : 4 pôles inducteurs font saillie vers l'intérieur d'une culasse cylindrique; le fil de l'induit s'enroule sur une âme composée de feuilles de tôle montées perpendiculairement à l'axe de rotation et formant croix, les balais sont calés à angle droit.

La Société électrique Edison est arrivée à diminuer notablement les dimensions de ses machines sans altérer leur fonctionnement; elle a en outre construit une petite machine pesant 50 kilogrammes et pouvant alimenter 20 lampes Edison de 8 bougies.

Piles. — MM. D. Tommasi et Radiguet ont modifié les dispositions de leur pile à électrodes de charbon (*) et l'ont rendue plus maniable. M. Radiguet a également imaginé pour les vases des piles à deux liquides un dispositif dit à déversement où la solution destinée à l'attaque du zinc en est séparée ainsi que de l'autre solution lorsque la pile ne doit pas fonctionner.

La Compagnie des chemins de fer du Nord paraît abandonner l'emploi de l'amiante pour ses piles portatives et recourir plutôt à des éléments fermés. En revanche, M. Raoul Guérin propose d'immobiliser les liquides à l'aide d'une substance gélatineuse; il est à craindre que cette combinaison ne jouisse pas de l'avantage possédé par l'amiante de n'augmenter la résistance intérieure des éléments que d'une manière insignifiante.

Éclairage électrique.

Lumière à arc. — Les bougies Jablochkoff qui illuminaient la cour de l'Observatoire étaient montées sur des chandeliers Robenrieth. Ce modèle de chandelier créé, comme tous ceux qui ont été imaginés depuis l'invention des bougies, en vue d'en réaliser l'allumage successif, ne semble pas présenter sur le système connue de M. Clariot un grand avantage.

Les régulateurs exposés par les maisons Siemens, Gance, Gérard, Bréguet éclairaient le hangar des machines, l'escalier de l'Observatoire et différentes

(*) V. *Annales télégraphiques*, p. 285.

salles. Il est fort regrettable que l'on ait choisi pour la salle des conférences des lampes Siemens, dont le bruit devenait par moment insupportable. Les lampes CANCE (*) échappent à ce reproche et donnaient une lumière généralement très satisfaisante; nous souhaitons que M. Cance fasse disparaître prochainement les quelques irrégularités qui se manifestent encore dans le réglage des appareils en service courant; sa lampe deviendrait alors très propre à éclairer de vastes salles de lecture ou de dessin.

Un projecteur installé sur la terrasse de l'Observatoire par MM. SAUTTER-LEMONNIER montrait le parti qu'on peut tirer de la lumière électrique pour explorer pendant la nuit les abords d'une place assiégée, d'un navire, etc.

M. LÉVY exposait quelques beaux spécimens de sa fabrication de charbons agglomérés pour lumière, pile, etc.

Lumière à incandescence. — A côté des lampes déjà connues de Swan, Edison, Maxim, on remarquait deux types de lampes qui figuraient pour la première fois dans une exposition française et dont la construction offre des particularités intéressantes.

Dans la lampe CRUTO, fabriquée en France par MM. CH. MILDÉ ET Cie, le filament est obtenu par l'action de la chaleur sur un hydrocarbure, l'éthylène. Un fil de platine très fin obtenu par le procédé de Wollaston est courbé en U, puis plongé dans une

(*) V. *Annales télégraphiques*, 1883, p. 614.

allonge où arrive le gaz hydrogène bicarboné. On y fait alors passer un courant suffisant pour le porter au rouge; à cette haute température, l'hydrocarbure se décompose et le carbone vient se déposer sur le fil de platine, si le courant est maintenu à une intensité convenable ; le filament de carbone est homogène et de grain assez serré. Bien que cette fabrication rappelle jusqu'à un certain point la fabrication du filament de la lampe Maxim, M. Cruto a probablement ignoré longtemps les travaux de ce dernier inventeur; son point de départ a été tout différent : le but de ses recherches sur la décomposition des hydrocarbures était d'obtenir du diamant. La flexibilité extrême du fil de platine au début des opérations est un écueil; la forme en U est facilement altérée et, si l'on ne prend des précautions spéciales, l'aspect de la lampe devient disgracieux.

M. A. Gérard a éliminé une partie des difficultés rencontrées dans la fabrication des filaments d'origine organique en employant des fils de charbon obtenus à la filière comme les crayons à lumière ordinaires : deux de ces fils, partant des bornes de la lampe, viennent se réunir à leur sommet dans une petite boule d'un mastic spécial qui fait prise avec eux; le point de réunion offrant une résistance électrique plus faible que les fils, il en résulte cet effet bizarre qu'on aperçoit deux fils incandescents séparés par une petite masse sombre. L'homogénéité du filament supérieure, par suite du mode de fabrication, à celle des fibres organiques carbonisées rend moins dangereux pour les lampes un accroissemeut anormal dans l'intensité du courant fourni. M. Gérard exposait également des lampes à incandescence de 800 à 1.000 bougies pouvant

dans certains cas remplacer des foyers à arc; le principe de la construction est le même que pour les lampes d'une puissance lumineuse normale, mais les charbons sont plus gros et au nombre de quatre associés en quantité dans la même ampoule. Le montage des lampes est d'ailleurs extrêmement simple et permet de les enlever de leur support ou de les y remettre avec la plus grande facilité.

Voici, d'après M. Gérard, les données relatives aux différents types :

NUMÉROS.	INTENSITÉ lumineuse en bougies.	DIFFÉRENCE de potentiel aux bornes en volts.	INTENSITÉ du courant en ampères.
0	10	16	1,5
1	25	25	2
2	50	30	2,5
3	100	35	3,5
4	200	40	6
5	400	70	8

Fils et câbles.

Les maisons MOUCHEL, BONIS, MÉNIER, LAZARE WEILLER exposaient les produits bien connus de leur fabrication. M. FORTIN HERMANN présentait quelques spécimens de ses lignes sous plomb qu'il désigne sous le nom de lignes aériennes enfermées; les câbles posés sous terre et particulièrement dans les égouts des grandes villes sont soumis à des causes de détérioration nombreuses; soit par l'écoulement d'eaux chaudes sortant des usines, soit par inadvertance d'égoutiers qui suspendent leurs lampes au-dessous

des câbles, soit par d'autres accidents, la gutta-percha recouvrant les conducteurs s'avarie et les câbles sont rapidement mis hors de service. Pour obvier à cet inconvénient, M. Fortin Hermann a imaginé d'enfermer les conducteurs dans des tuyaux en plomb en les isolant simplement les uns des autres à l'aide de perles en bois imprégnées de paraffine et enfilées sur les conducteurs. Aussi longtemps que le tuyau en plomb reste étanche et que l'air contenu est sec, l'isolement est très satisfaisant; il s'élève, croyons-nous, à plus de 50 megohms par kilomètre, ce qui est largement suffisant pour assurer une excellente transmission. Ce câble est essayé en ce moment par différentes administrations.

Télégraphes.

L'exposition était à ce point de vue bien pauvre en nouveautés.

L'alphabet Morse est basé sur l'emploi de points et de traits horizontaux correspondant à des émissions de courant brèves ou longues; si la transmission est irrégulière ou saccadée les signaux sont altérés. M. Estienne a cherché à faire disparaître cet inconvénient et à augmenter en même temps le rendement de la ligne; il a remplacé par des traits et demi-traits verticaux juxtaposés les traits et les points ordinaires placés à la suite les uns des autres; de cette manière, la durée d'émission est celle du point pour les deux signaux élémentaires, ce qui accroît la rapidité de transmission. En outre, les irrégularités de cadence n'occasionnent pas d'erreurs : au lieu d'un simple trait ou

demi-trait vertical, on obtient une bande plus ou moins épaisse, mais qui conserve la même longueur et par suite la même signification que le signal normal : un *l* sera représenté aussi bien par ▪█▪▪ que par ı|ıı.

M. Estienne emploie pour la transmission un manipulateur inverseur. Les émissions positives correspondent au demi-trait, c'est-à-dire au point de l'alphabet Morse ordinaire, et les émissions négatives au trait : les touches, en revenant à leur position de repos, provoquent une mise de la ligne à la terre pendant un instant.

L'armature du récepteur est polarisée par un aimant permanent logé dans le socle de l'appareil ; contrairement à ce qui existe dans presque tous les relais, l'extrémité de la palette non voisine de l'aimant est, dans la position de repos, à égale distance des pôles de l'électro-aimant : il en résulte qu'on peut en inversant le courant obtenir, comme avec le miroir ou le siphon-recorder, deux signaux distincts, suivant que la palette s'inclinera à droite ou à gauche. Celle-ci, placée sur la platine postérieure, est montée sur un axe horizontal situé vers le milieu de sa longueur et solidaire d'une fourchette analogue à l'ancre employée en horlogerie : le rôle de cette ancre se borne d'ailleurs à soulever l'un ou l'autre des deux leviers qui portent les *plumes* correspondant au trait ou au demi-trait. Chaque plume est formée d'une petite bande de cuir ou de drap de largeur égale à celle de la pince qui doit la maintenir ; la partie inférieure de la bande de cuir plonge dans un réservoir d'encre qui y monte par capillarité.

L'appareil Estienne pourra rendre des services dans certains cas ; le principe en est ingénieux, mais la construction plus délicate que celle du Morse ordinaire ;

les essais qui se font en divers pays montreront dans quelles limites il conviendrait de le substituer au type courant.

Le système moteur de l'appareil Hughes a reçu un nouveau perfectionnement. On sait que la tendance de l'Administration des télégraphes français est de soustraire, dans les bureaux les plus importants, les employés à l'obligation de remonter eux-mêmes les poids. L'expérience a démontré que la solution complète à intervenir devait satisfaire aux deux conditions suivantes: 1° permettre de revenir instantanément et à volonté au remontage ordinaire par l'employé ; 2° n'entraîner dès lors aucune modification du système moteur et ne comporter que l'addition d'organes auxiliaires tels que, s'ils font défaut, les transmissions ne soient pas interrompues.

Le dispositif indiqué par M. Humblot semble répondre à ces desiderata. Le remontage du poids à fin de course est obtenu à l'aide d'un petit moteur électrique : une courroie sans fin en transmet le mouvement à une roue dentée; celle-ci entraîne par un cliquet un rochet solidaire d'une lanterne qui engrène avec la roue du remontoir. Grâce à un commutateur fort simple, le courant ne traverse le moteur que pendant le temps nécessaire au remontage. Dans une expérience où le Hugues tournait à 130 tours par minute, le poids de 60 kilog. a été remonté en 65 secondes, la course étant de $0^{m},55$.

Appareils divers.

M. Aylmer présentait les appareils de mesure construits par la maison Elliott, de Londres. Nous citerons

en particulier : 1° un galvanomètre avec aiguille sur pivot un peu plus gros que la cage d'une boussole de poste ordinaire, remarquable par sa bonne construction et sa très grande sensibilité : sa constante serait de deux degrés ; la résistance est de 1000 ohms ; 2° de petites caisses très portatives contenant tout ce qui est nécessaire pour les essais courants et la recherche des défauts sur les lignes aériennes ; 3° un nouveau type d'électromètre à quadrants fort simplifié, mais largement suffisant pour un certain nombre d'expériences et beaucoup moins cher que le modèle ordinaire.

Le microhmmètre a été combiné par M. Maiche pour la mesure des petites résistances. La méthode employée est celle de réduction à 0. Une aiguille aimantée est placée horizontalement sur pivot entre deux bobines verticales qui peuvent recevoir, suivant leur axe, un mouvement de translation perpendiculairement à la position de repos de l'aiguille. Les bobines sont montées sur des vis micrométriques dont le pas est de 1 millim. : la tête des vis est divisée en 100 parties égales. Les deux hélices étant placées de manière à laisser l'aiguille au zéro quand elles sont en communication avec une même pile, l'équilibre sera rompu si l'on introduit dans le circuit de l'une d'elles une résistance ; il faudra, pour la rétablir, éloigner la seconde bobine : la grandeur du déplacement permettra d'évaluer la résistance introduite ; l'appareil est, paraît-il, gradué de telle sorte que chaque division correspond à 0,001 ohms.

Le téléphone de M. Ochorowicz présente quelques particularités. L'aimant permanent très éner-

gique a la forme d'un tube fendu : au milieu de la longueur, sur les bords de la fente, sont montées deux bobines au-dessus desquelles est une membrane de fer analogue à celles des téléphones connus. Au-dessous des bobines passe une membrane identique fixée en son centre à un pont en laiton reliant les deux bords de la fente. Les deux membranes sont réunies par une paroi cylindrique avec laquelle elles forment une sorte de petite caisse. Si l'on parle devant cette caisse, la plaque supérieure et la plaque inférieure vibreront ensemble, la première se rapprochant d'une des extrémités des bobines, tandis que la seconde s'éloignera de l'autre et *vice versa*. C'est à la double action des deux plaques que M. Ochorowicz attribue la puissance de ce récepteur.

La Société générale des téléphones a étudié les moyens de réduire le nombre des fils d'un réseau téléphonique. Une communication unique avec un bureau suffirait en général aux besoins de plusieurs abonnés habitant une même maison, s'ils avaient la faculté de faire chacun un appel caractéristique et de garder l'usage du fil pendant le temps nécessaire. La Société a exposé un système d'appel conçu dans cet ordre d'idées et combiné pour cinq abonnés.

On sait combien il est difficile de déterminer le nombre de vibrations d'un son à l'aide de la sirène de Cagniard de Latour. Il faut que le son obtenu puisse être entretenu pendant assez longtemps, ce qui exige en général l'emploi d'une excellente soufflerie toujours fort dispendieuse. Il y a déjà quelques années, M. Bourbouze, s'inspirant d'une expérience bien connue de

Foucault, a imaginé, pour échapper à cette nécessité, d'adapter à la sirène un régulateur électro-magnétique qui donne de très bons résultats. Sur l'axe du plateau mobile est monté un disque de cuivre rouge dont la zone extérieure se meut entre les pôles de deux électro-aimants qu'on peut éloigner ou rapprocher. On lance dans la sirène un courant d'air fournissant un son plus élevé que celui dont on veut évaluer le nombre de vibrations par seconde; puis on rapproche peu à peu les électro-aimants jusqu'à ce qu'on obtienne l'unisson. Dans ces conditions, la sirène donne des sons d'une hauteur remarquablement constante.

Les compagnies de chemins de fer ont de plus en plus recours à l'électricité pour accroître la sécurité des transports; mais les perfectionnements que subissent les appareils portent sur des détails que nous ne pourrions mentionner ici sans reprendre en partie la description des appareils eux-mêmes et sans rappeler les besoins particuliers auxquels répond chacun d'eux.

Les expositions de M. CARPENTIER et de la maison BRÉGUET formaient par elles-mêmes un ensemble important qui mérite un examen séparé.

Pour les compteurs d'électricité exposés, voir dans les *Annales télégraphiques* : Compteur *Cauderay*, année 1883, page 271. — Compteur *Aron*, 1884, page 536.

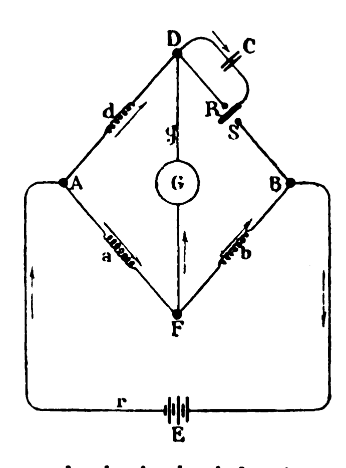
G. DE LA TOUANNE.

MÉTHODE D'ÉTALONNEMENT DES CONDENSATEURS

On sait que sur les cinq unités électriques : *ohm*, *volt*, *farad* (ou *microfarad*), *ampère* et *coulomb*, les trois premières seules sont susceptibles d'être représentées par un étalon matériel : encore l'emploi des étalons de force électro-motrice n'est-il pas très sûr en pratique et exige-t-il certaines précautions. Quant aux boîtes de résistance et aux condensateurs étalonnés, leur usage en est extrêmement répandu. Il est donc d'une grande importance, notamment pour les constructeurs, d'avoir des méthodes sûres et aussi simples que possible de vérifier les résistances et les capacités des instruments de mesure électrique. M. de Nerville a décrit dans ce recueil (*n° de septembre-octobre* 1884) le procédé employé pour l'étalonnement des résistances au bureau du ministère des postes et des télégraphes. Pour les mesures absolues de capacités, nous nous proposons d'indiquer ici, d'après le *Philosophical Magazine*, une méthode employée récemment par M. Glazebrook et qui lui a donné de bons résultats.

Supposons que dans un pont de Wheatstone la branche BD, au lieu de renfermer une résistance à mesurer, soit interrompue entre R et S. Le condensateur à étalonner C a une armature reliée au sommet D et l'autre à l'armature P d'un trembleur électro-magnétique, dont la course est limitée aux contacts en platine R et S. L'armature P exécutant *n* vibrations par seconde, le

condensateur C sera n fois par seconde chargé et déchargé, sa décharge ayant lieu dans le court circuit DCPRD, et si les résistances a, b, d, g, r sont convenablement réglées, le galvanomètre restera au zéro.



Désignons par i_a, i_b, i_d, i_g, i_r les intensités dans les branches a, b, d, g, r à un instant quelconque; par Q_a, Q_b, Q_d, Q_g, Q_r les quantités totales d'électricité qui traversent les mêmes branches pendant la durée $\frac{1}{n}$ de la période vibratoire. Nous supposerons qu'à chaque contact sur S le condensateur prenne sa charge complète (au potentiel V) et qu'il se décharge complètement sur R. Cette condition était remplie dans les expériences de M. Glazebrook tant que le nombre des vibrations de l'armature était de 16, 32, 64 ou 128 au plus par seconde.

Ceci étant, la quantité Q_g d'électricité qui traverse le galvanomètre dans une période $\frac{1}{n}$ étant nulle lorsque l'on constate que l'aiguille reste au zéro, Q_d doit

être égal à la charge totale CV prise par le condensateur, soit :

$$Q_d = CV \qquad (1)$$

D'autre part le circuit fermé AFD donne

$$ai_a + gi_g + L\frac{d(i_g)}{dt} - di_d = 0,$$

$L\frac{d(i_g)}{dt}$ étant la force *e. m.* de self-induction du galvanomètre. Si l'on intègre cette équation pendant la période $\frac{1}{n}$, le terme en $\int i_g dt = Q_g$ est nul, ainsi que celui en $\int\frac{d(i_g)}{dt}dt$ puisque i_g reprend la même valeur au bout de la période.

Donc :

$$aQ_a = dQ_d \qquad (2)$$

Puisque $Q_g = o$, on voit encore que l'on a :

$$Q_a = Q_b. \qquad (3)$$

La quantité Q_r arrivant au sommet A est égale à la somme des quantités Q_a et Q_d qui en partent :

$$Q_r = Q_a + Q_d. \qquad (4)$$

Enfin le circuit AFBE donne :

$$E = ri_r + ai_a + bi_b,$$

d'où en multipliant par dt et intégrant pendant la période $\frac{1}{n}$:

$$E\frac{1}{n} = rQ_r + aQ_a + bQ_b.$$

En remplaçant dans cette équation Q_r, Q_a, Q_b par

leurs valeurs en fonction de CV tirées de (1), (2), (3) et (4), on trouve :

$$E\frac{1}{n} = CV\left[r\left(1+\frac{d}{a}\right)+d\left(1+\frac{b}{a}\right)\right];$$

d'où la formule :

$$nC = \frac{E}{V}\frac{a}{r(a+d)+d(a+b)}. \qquad (5)$$

On n'a plus qu'à remplacer $\frac{E}{V}$ par sa valeur, qui ne dépend que des résistances a, b, d, g, r. Or V représente la différence de potentiel entre D et B lorsque le condensateur C est complètement chargé et que la branche BD n'est par conséquent parcourue par aucun courant. On calculera donc V en supposant cette branche supprimée et le réseau du pont réduit au circuit AFBEA et à la dérivation ADF. On trouve :

$$V = E\frac{b(a+d+g)+ag}{(b+r)(a+d+g)+a(d+g)}.$$

La formule (5) devient finalement

$$nC = \frac{a}{r(a+d)+d(a+b)}\,\frac{(b+r)(a+d+g)+a(d+g)}{b(a+d+g)+ag}.$$

Dans les expériences de M. Glazebrook, la pile se composait de quelques éléments de Grove et l'on avait

$r = 5$ à 6 ohms.
$\left.\begin{array}{l} a = 10 \\ b = 1000 \end{array}\right\}$ branches de proportion fixes.
$g = 11000$ environ.
d variant de 1800 à 240.

La faiblesse des valeurs de r et de a dans ces conditions permet de simplifier la formule de C et de poser

avec une grande approximation

$$nC = \frac{a}{bd\left[1 + \dfrac{a}{b\left(1 + \dfrac{d}{g}\right)}\right]}.$$

La mesure de C se fait ainsi avec une précision très satisfaisante pourvu que l'on connaisse le nombre n très exactement et la résistance g du galvanomètre avec une faible approximation, et que l'on dispose en outre de boîtes de résistances a, b, d très bien étalonnées. Les variations de la pile n'influent pas sur les résultats. Quatre séries d'expériences faites par M. Glazebrook sur un condensateur de Muirhead avec des lames vibrantes donnant 16, 32, 64 et 128 vibrations environ ont conduit à des valeurs de C concordantes à $\frac{1}{1000^e}$ près. Les nombres de vibrations étaient évalués acoustiquement.

M. Glazebrook estime que la méthode précédente est exempte des causes d'erreur et des complications des autres procédés qui ont été employés pour la mesure absolue des capacités, et qu'elle leur est particulièrement supérieure pour les capacités s'écartant peu de 1 microfarad. Les principales méthodes connues sont décrites dans le grand traité de Maxwell (tome II, §§ 774-780).

A. V.

PROTECTION ÉLECTRIQUE

DES CABLES DÉFECTUEUX

Lorsqu'un câble télégraphique présente une perte partielle qui n'est pas assez grande pour empêcher les stations de correspondre, on peut éviter une réparation coûteuse et dont le succès est souvent aléatoire, ou du moins on peut chercher à retarder le plus possible le moment où les travaux de réparation deviendront inévitables, par l'emploi d'un *système protecteur électrique* qui empêche le défaut de s'agrandir ou l'atténue même dans une certaine mesure.

Les divers systèmes de protection électrique mis en usage sont fondés sur l'action électrolytique que les courants lancés dans le câble peuvent exercer sur le milieu qui entoure le conducteur dénudé au point fautif.

Action des divers courants sur le défaut. — D'une manière générale, on peut dire que le courant positif brûle la couche superficielle de cuivre dénudé, en attirant sur elle les éléments électro-négatifs du milieu, oxygène, chlore, etc., et détermine ainsi la formation d'une croûte résistante de dépôts électrolytiques. La perte devient moins grande.

Le courant négatif, en attirant sur le cuivre dénudé les éléments électro-positifs du milieu, hydrogène, sodium, etc., a pour premier effet de réduire les matières terreuses résistantes qui peuvent se trouver à la surface du conducteur. Dans une seconde période, l'hydrogène, ne trouvant plus de matières à réduire, se dépose à l'état

libre à la surface du cuivre, et finit par se dégager en bulles. Le cuivre réduit forme des lamelles brunes sans adhérence qui se détachent d'elles-mêmes du conducteur, ou qui sont entraînées mécaniquement par les premières bulles de gaz.

Dans la première période du phénomène, la résistance de la perte diminue; dans la seconde période, cette résistance augmente par suite de la formation de bulles gazeuses adhérentes au cuivre. La résistance peut devenir considérable si le gaz hydrogène ne parvient pas à se dégager, parce que le diélectrique ne présente qu'une fissure très étroite. Dans le cas contraire, il s'établit un état de régime qui peut présenter des périodes plus ou moins régulières, suivant la manière dont se fait le dégagement des bulles de gaz.

La diminution de résistance de la perte, qui se présente comme premier effet du courant négatif, peut aussi s'observer avec le courant positif, si celui-ci trouve à brûler de l'hydrogène déposé par une électrisation négative antérieure. La résistance diminue alors jusqu'à ce que le cuivre, débarrassé d'hydrogène, commence à se brûler à son tour.

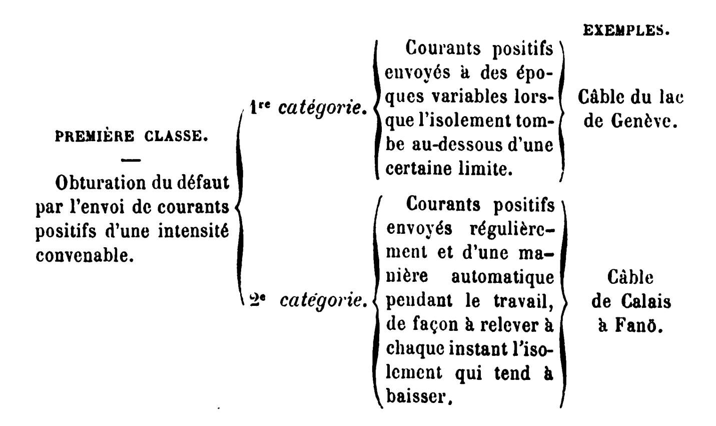
On voit que l'*action finale* de l'un comme de l'autre courant est d'*augmenter la résistance de la perte*. De plus, à mesure que les dépôts terreux ou gazeux recouvrent le cuivre, une force électromotrice de polarisation prend naissance, donnant lieu à un courant qui s'oppose au courant principal, sur la première section de la ligne, et s'ajoute, au contraire, au courant principal, sur la seconde section. La force électromotrice de polarisation du défaut peut être regardée comme placée en dérivation sur la perte, orientée de façon à résister au courant qui l'a engendrée.

Des actions chimiques secondaires peuvent se produire entre les dépôts formés sur le conducteur et la substance du diélectrique et modifie beaucoup le résultat final de l'action électrique.

Ajoutons que, dans les périodes de repos, l'hydrogène accumulé sur le cuivre par l'électrisation négative se dissipe rapidement dans le milieu, ce qui produit une chute de la résistance de la perte.

La transmission à double courant, qui est seule possible sur les longs câbles, en raison des phénomènes de charge résiduelle, se trouve être la plus désavantageuse, par suite de son action nuisible sur le défaut. Une série de courants alternés a, en effet, pour résultat, inévitable la rupture complète du conducteur, chaque action positive oxydant une portion du conducteur que l'action négative suivante désagrège. La rupture totale n'est qu'une question de temps, suivant l'intensité des courants.

Classification des systèmes protecteurs. — L'analyse qui précède éclaire suffisamment la classification suivante des divers systèmes protecteurs :



			EXEMPLES.
PREMIÈRE CLASSE. — Obturation du défaut par l'envoi de courants positifs d'une intensité convenable.	1re *catégorie.*	Courants positifs envoyés à des époques variables lorsque l'isolement tombe au-dessous d'une certaine limite.	Câble du lac de Genève.
	2e *catégorie.*	Courants positifs envoyés régulièrement et d'une manière automatique pendant le travail, de façon à relever à chaque instant l'isolement qui tend à baisser.	Câble de Calais à Fanö.

DEUXIÈME CLASSE. — Envoi d'un courant négatif permanent qui maintienne un potentiel toujours négatif au défaut, malgré les fluctuations du courant de travail.	Câble français de Brest à Saint-Pierre-Miquelon. (Câble P.-Q.)

La première classe de systèmes, qui convient aux câbles en gutta-percha immergés dans l'eau douce (câbles du lac de Genève) serait funeste pour les câbles sous-marins formés de ce même diélectrique, car le courant positif, agissant sur l'eau salée, détermine la formation d'un oxychlorure de cuivre qui ronge la gutta-percha. Le résultat est tout différent avec le câble à diélectrique de caoutchouc (câble de Calais à Fanö).

La solution la meilleure est fournie par les systèmes de la seconde classe, qui écartent d'une manière absolue l'usure du cuivre par l'action des courants alternés. Le courant négatif qui passe constamment par la perte rend celle-ci la plus grande possible actuellement, mais cette perte ne peut pas s'agrandir par la suite. Il arrive même que les bulles d'hydrogène bouchent la perte en formant autour du conducteur une gaîne gazeuse préservatrice.

Système protecteur du câble Pouyer-Quertier. — Le câble français de Brest à Saint-Pierre-Miquelon (câble Pouyer-Quertier) a, depuis sa pose, un défaut situé vers le milieu de l'Atlantique. Ce défaut n'est pas assez grave pour empêcher le trafic télégraphique; il a seulement donné lieu à l'emploi du système protecteur suivant, destiné à empêcher la perte de s'agrandir.

On fait passer sur le câble un courant négatif permanent, assez intense pour décomposer l'eau de mer au point fautif, et pour que le potentiel en ce point soit toujours négatif magré les fluctuations du courant de travail. Dans les conditions actuelles, le potentiel du

courant protecteur, à la faute, est maintenu à 3 daniells environ.

Le courant protecteur est fourni par une pile de 50 éléments Minoto, établie au bureau de Brest. Le pôle positif de cette pile est mis à la terre, et son pôle négatif est relié au câble, à la sortie de tous les appareils du poste, à travers une résistance de 100.000 unités Siemens.

Comme la ligne parcourue par le courant protecteur est séparée des appareils de Brest et de Saint-Pierre par des condensateurs, et que le courant protecteur est à peu près constant, ce courant n'influence en rien la formation des signaux.

Pour le réglage du nombre d'éléments de la pile protectrice, on mesure le potentiel à la faute, au moyen d'un électromètre installé à Saint-Pierre. Le résultat de la mesure est transmis au bureau de Brest qui règle en conséquence la force de la pile protectrice.

Système protecteur du câble danois. — Le câble danois de Calais à Fanö, qui entre dans la constitution de la ligne de Paris à Frédéricia, a un défaut qui s'est déclaré, il y a cinq à six ans, à 4 kilomètres de l'atterrissement des Hutes-d'Oye, près Calais.

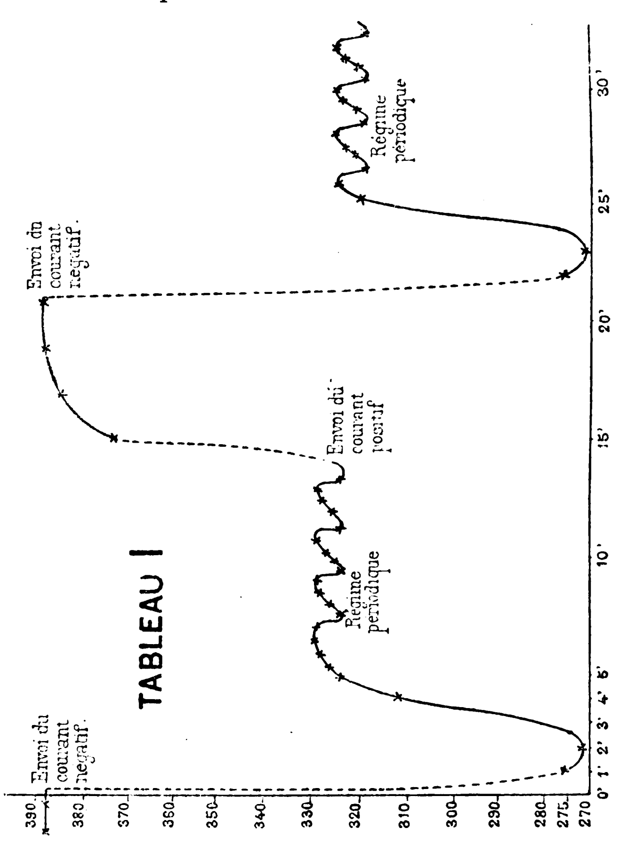
Le câble se trouve, en ce point, profondément enfoui sous les sables qui s'accumulent sur cette partie de la côte, et il est difficile de faire les coupures pour remplacer la section défectueuse. D'ailleurs le défaut, bien qu'ayant une certaine gravité, n'empêche pas de communiquer. On a continué de travailler, et on a cherché à retarder le plus possible le moment de la réparation, en maintenant le bout de cuivre oxydé par l'action du courant positif. On se sert, à cet effet, comme pile de travail, de deux groupes, positif et négatif, de forces

électromotrices différentes, en accordant la prédominance au groupe positif. Ainsi, au bureau translateur de Calais, le relais où arrive le courant de Paris et qui doit répéter sur le câble la transmission de Paris, est desservi par deux piles, l'une de 10 éléments Fuller, négative, l'autre positive de 20 fullers. Le diélectrique du câble étant du caoutchouc (composition Hooper), l'oxychlorure de cuivre qui se forme n'a pas l'action nuisible qu'il aurait sur la gutta-percha. Mais cet oxychlorure n'est pas adhérent au cuivre. Quand on étudie l'action du courant positif sur un défaut plongé dans un vase contenant de l'eau de mer, on voit, en effet, l'oxychlorure se disséminer dans le liquide sous forme de longs filaments blanchâtres animé d'un mouvement très lent de descente. L'action du courant positif ne semble donc pas aussi efficace qu'on a pu le penser. Dans tous les cas, l'alternance des courants doit user quand même le cuivre, le courant négatif réduisant une partie des dépôts formés par le courant positif, et la rupture finira fatalement par se produire. On voit que le système adopté par les ingénieurs danois n'a pas la valeur du système protecteur qui a été appliqué par Varley au câble Pouyer-Quertier.

Les considérations exposées ci-dessus sur la variation de la résistance des défauts, sous l'influence des divers courants, résultent de très nombreuses expériences que j'ai faites, et dont l'exemple suivant donnera une idée.

Ayant dans une cuve à eau de mer une section de 50.600 mètres de câble sous-marin offrant une résistance de 286 ohms, j'ai noyé une de ses extrémités, après avoir dénudé environ 1 centimètre du bout de

cuivre. J'ai amené l'autre extrémité à un pont de Wheatstone ordinaire qui me servait à mesurer la résistance totale de la ligne et du défaut, je modifiais d'une manière continue la branche de comparaison de manière à conserver l'équilibre, en suivant pas à pas les variations de la résistance mesurée aux divers instants de l'expérience.



La courbe du tableau I donne la résistance obtenue, dans ces conditions, avec une pile d'essai de 10 élé-

ments Callaud. La résistance ayant été portée d'abord à 388 ohms par l'action du courant positif, j'envoie le courant négatif et j'obtiens un premier équilibre, au bout d'une minute, à 275 ohms (Nombre plus faible que la résistance de la ligne qui est de 286 ohms). J'observe ensuite une diminution graduelle de la résistance, qui atteint un minimum de 272 au bout de deux minutes d'électrisation négative. Au delà de ce point, la résistance croît de plus en plus vite. Je peux d'abord maintenir l'équilibre en débouchant des résistances de 1, 2, 3, 4, 5, 10 ohms dans la branche de comparaison. Puis la variation devient trop rapide pour pouvoir la suivre. A la quatrième minute j'obtiens un équilibre à 310. Enfin, au bout de cinq minutes, la résistance se fixe à 325. Aussitôt après commence le régime périodique, très facile à suivre en manœuvrant le rhéostat de comparaison. Dans chaque période, qui dure environ deux minutes, la résistance croît lentement et fort régulièrement de 224 à 229 ohms, et retombe brusquement à 224.

Une minute après avoir renversé le courant d'essai, j'obtiens l'équilibre à 375. J'observe alors une croissance régulière, vers la limite de 388, qui est à peu près atteinte après sept minutes d'électrisation positive.

Renversant alors de nouveau le courant, la même série de phénomènes se reproduit.

La courbe du tableau II, prise dans les mêmes circonstances, après avoir modifié un peu le défaut, fait voir une action particulière du courant positif (portion de courbe AB) qui se manifeste assez souvent. Ce courant diminue d'abord légèrement la résistance du défaut, et l'augmente finalement. Il y a dans ce cas

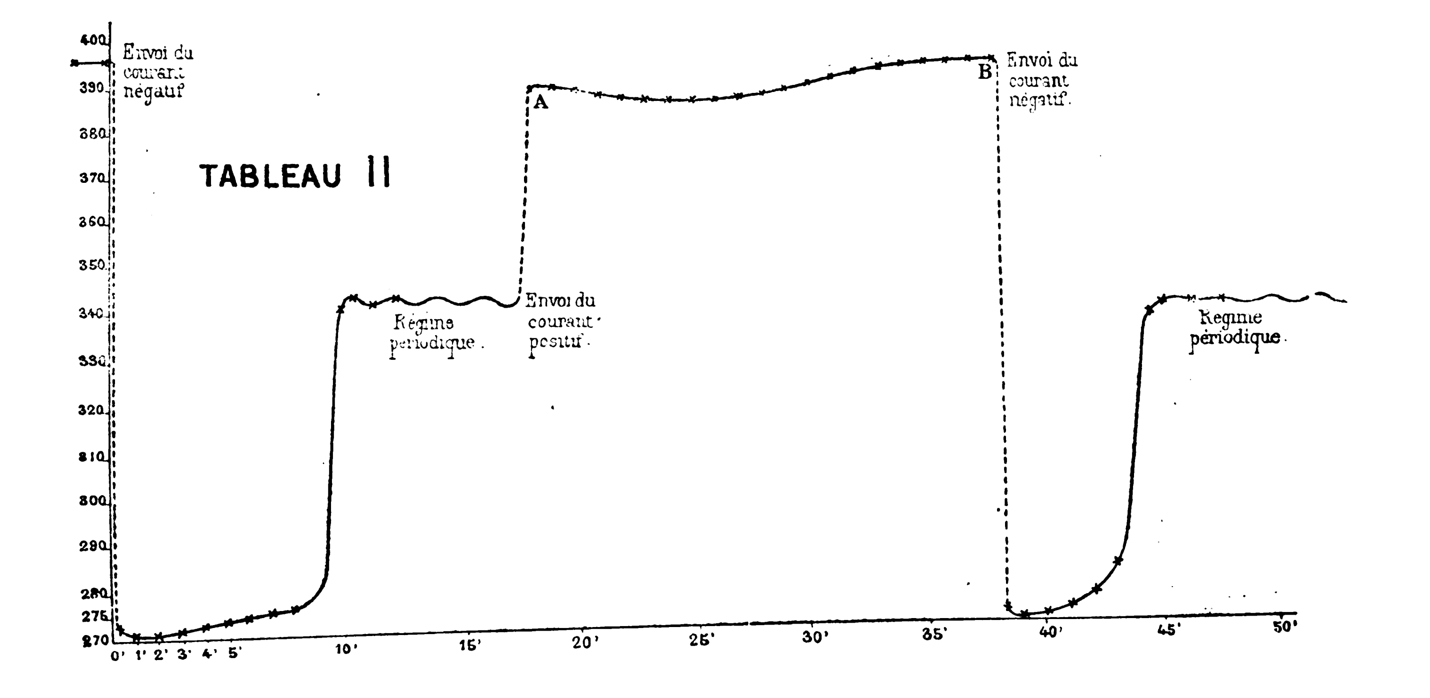


TABLEAU II
Envoi du courant négatif
Régime périodique.
Envoi du courant positif.
A
B
Envoi du courant négatif.
Régime périodique.
400
390
380
370
360
350
340
330
320
310
300
290
280
275
270
0'
1'
2'
3'
4'
5'
10'
15'
20'
25'
30'
35'
40'
45'
50'

un minimum de résistance comme avec le courant négatif.

Il est à remarquer que la résistance trouvée avec le courant positif est toujours beaucoup plus élevée que celle que l'on obtient par le courant négatif. Cette différence, ainsi que les chutes et les élévations brusques de la courbe aux renversements du courant d'essai, s'expliquent par l'existence de la force électro-motrice résultante du défaut qui tantôt s'oppose et tantôt s'ajoute au courant d'essai. Cette force électro-motrice peut résulter de trois actions :

1° Opposition du cuivre du conducteur et du fer de l'armature, dans l'eau de mer, qui donne naissance au *courant naturel du câble;*

2° Polarisation variable du bout de cuivre par suite des dépôts électrolytiques qui le recouvrent;

3° Différence de potentiel de la terre au lieu où sont installés les appareils de mesure et au lieu où se trouve le défaut, d'où résulte le *courant tellurique* proprement dit, souvent très variable. Dans les expériences ci-dessus mentionnées, cette dernière cause n'intervient pas, naturellement.

Voici le résultat de quelques expériences de rupture de conducteurs sous l'action des courants alternés.

J'ai employé une pile de 50 Callauds, en série. Un bout de câble, recourbé en U, plongeait dans un vase d'eau de mer. A la partie inférieure de l'U, j'avais dénudé le cuivre complètement sur une largeur de 3 à 4 centimètres. Une extrémité de ce bout de câble était isolée, l'autre était reliée à la pile dont le circuit se fermait par l'armature et l'eau du vase, sans autre

résistance extérieure. Le courant était renversé de demi-heure en demi-heure.

ÉCHANTILLONS de câble	CONSTITUTION du conducteur.	DIAMÈTRE total du conducteur.	NOMBRE DE COURANTS d'une demi-heure nécessaires pour rompre le conducteur.
I.......	7 brins de 5/10^{mm}	17/10^{mm}	4
II......	7 brins de 12/10^{mm}	33/10^{mm}	27

P. Bayol.

DU DÉVELOPPEMENT

DE LA TÉLÉGRAPHIE EN ALLEMAGNE

PAR L'USAGE DU TÉLÉPHONE

DEPUIS L'ANNÉE 1881

(Traduit de la dernière Statistique officielle publiée par l'Administration des postes et des télégraphes de l'Empire allemand.)

Si, depuis qu'elle a commencé à être employée pratiquement, la télégraphie a obtenu des succès surprenants dans la transmission des nouvelles à grandes distances, elle n'était pas, jusqu'à ces dernières années, en mesure d'opérer une évolution correspondante dans le domaine de l'échange des communications à petite distance. Une ramification plus subtile du réseau télégraphique ne pouvait s'effectuer, tant que le service des appareils connus jusqu'alors exigeait des connaissances préalables spéciales. Dans les campagnes, ainsi que dans les grandes villes, on se trouvait souvent astreint à de longues courses pour le dépôt et pour la remise des télégrammes, et le temps ainsi dépensé était hors de proportion avec la courte durée de la transmission des nouvelles. Mais, c'est pour les services privés que la difficulté de la manipulation des appareils mettait encore plus d'entraves à l'établissement de communications télégraphiques, en sorte que le nombre des lignes d'intérêt particulier restait, pour

ainsi dire, insignifiant et qu'elles n'étaient, dans le plus grand nombre des cas, utilisées que pour la transmission de signaux au moyen d'avertisseurs électriques.

C'est seulement depuis l'apparition du téléphone qu'il a été possible de combler cette lacune. L'administration des postes et des télégraphes de l'empire allemand a été la première à affecter cet appareil au service pratique de la télégraphie. Le prompt essor qu'ont pris les communications télégraphiques desservies par des téléphones, a montré combien l'introduction de cet appareil satisfaisait à un besoin déjà ancien.

Dans le domaine de la télégraphie de l'Empire, l'emploi du téléphone pour les communications télégraphiques a revêtu principalement les trois formes suivantes :

1° Communications télégraphiques du service général ;

2° Installations téléphoniques urbaines ;

3° Installations télégraphiques privées pour relier les comptoirs et les habitations particulières entre eux ou avec un bureau télégraphique de l'État.

L'administration impériale a maintenu constamment le principe que les entreprises ayant pour objet l'exploitation, au moyen du téléphone, de communications télégraphiques dans un but de trafic, tombent sous le droit régalien qu'en matière de télégraphie la Constitution a réservé à l'Empire et, par conséquent, que les particuliers ne peuvent établir et exploiter de pareilles installations télégraphiques, sans une autorisation du gouvernement impérial.

Que la substitution du téléphone à l'appareil Morse ou Hughes n'enlève pas aux installations le caractère

de « télégraphes » dans le sens de la législation impériale, c'est là un fait qui a été reconnu aussi par un arrêt du tribunal de l'Empire en date du 20 septembre 1881. Quant aux conditions sous lesquelles l'établissement des lignes télégraphiques peut être concédé à des tiers, sans distinction des appareils qui viendraient à être employés, elles ont été fixées de la manière suivante par une ordonnance du chancelier de l'Empire.

Il ne pourra être interdit aux particuliers d'installer des télégraphes à l'intérieur de leurs propres immeubles, établissements et propriétés, sous réserves que ces installations restent exclusivement dans les limites des terrains appartenant à leur propriétaire et n'empiétent ni sur la propriété d'autrui ni sur des voies publiques, rues, etc. Par contre, ne peuvent être établies, sans l'autorisation spéciale du gouvernement impérial, les communications télégraphiques :

(*a*) Entre propriétés appartenant à un seul et même propriétaire, mais séparées les unes des autres par les propriétés d'autres personnes ou par des voies publiques;

(*b*) Entre des maisons, établissement, propriétés, etc., n'appartenant pas à un seul et même propriétaire. Il est admis une dérogation à cette disposition en faveur des autorités locales qui ont généralement la faculté d'établir, sans être soumises à aucun contrôle, des lignes télégraphiques pour des usages spéciaux, ne rentrant pas dans le ressort de l'administration des télégraphes de l'empire, sous réserve que ces lignes ne soient pas employées à des communications publiques.

Après la constitution à l'étranger et principalement en Amérique de nombreuses sociétés par actions pour

l'exploitation du téléphone, avec les systèmes les plus divers, il ne tarda pas, en Allemagne, à s'organiser dans le même but des entreprises privées qui sollicitèrent l'autorisation de l'Empire pour l'établissement d'installations télégraphiques desservies par des téléphones. Le gouvernement impérial refusa cette autorisation pour ne pas laisser passer entre les mains des particuliers une partie des droits qui lui étaient réservés; mais il résulta de ce refus la nécessité pour lui de donner satisfaction aux besoins publics en établissant lui-même des installations téléphoniques.

Installations téléphoniques pour le service général.

La lacune que nous avons mentionnée plus haut s'étant principalement fait ressentir dans les campagnes, l'administration des télégraphes se préoccupa avant tout d'y remédier en recourant à l'emploi du téléphone. A cet effet, elle a accru, d'abord, dans une mesure considérable le nombre des bureaux postaux pourvus de service télégraphique. Tandis qu'à la fin de 1880, il y avait 1126 bureaux téléphoniques ouverts au service, ce nombre, à la fin de 1883, s'était élevé au chiffre de 1800.

Pour fournir aux habitants des localités dont le trafic relativement faible ne justifiait pas la nécessité d'y installer des bureaux de poste, la possibilité de pouvoir envoyer des télégrammes à la station télégraphique la plus rapprochée, notamment dans les cas de maladies subites, d'accidents, d'incendies, d'inondations ou autres circonstances analogues, l'administration a fait procéder à l'installation de bureaux télégraphiques auxiliaires desservis par des appareils téléphoniques. Vis-à-vis du public, ces bureaux ne

sont pas considérés comme des bureaux télégraphiques indépendants, mais comme de simples succursales du bureau télégraphique dans le rayon duquel ils sont établis, ayant, d'ailleurs, une compétence illimitée pour accepter des télégrammes et pour en effectuer la remise dans l'étendue de la circonscription qui leur est assignée. Les agents de ces bureaux auxiliaires ne sont pas, il est vrai, astreints à observer un horaire de service déterminé, mais l'installation d'un avertisseur les met à même de recevoir à toute heure, sur la demande du bureau dont ils relèvent, les communications qui leur sont destinées.

La création de ces bureaux auxiliaires a été considérée par la population des campagnes comme une amélioration sensible des moyens de communication mis à sa disposition. Les 130 bureaux auxiliaires que l'on avait ouverts, en 1883, d'abord à titre d'essai, ayant également satisfait aux exigences du service, l'administration a décidé de les maintenir et de donner un plus grand développement à ce système. Aussi, en 1884, à côté de 519 nouvelles installations téléphoniques établies dans les bureaux de poste, il a été créé 227 stations télégraphiques auxiliaires.

Installations téléphoniques urbaines.

Les installations téléphoniques urbaines ont pour but de fournir aux abonnés, au moyen d'une communication télégraphique établie entre leur domicile et un bureau télégraphique de l'Empire, la possibilité de se mettre directement en rapport avec d'autres abonnés ; les abonnés peuvent, en outre, faire parvenir au bureau télégraphique des communications destinées à être retransmises par un autre moyen (télégraphe,

poste, etc.), soit dans la même localité, soit à une autre localité ; enfin, ils peuvent recevoir par cette voie les télégrammes arrivant pour eux à un bureau télégraphique.

La première démarche pour provoquer la création d'installations téléphoniques urbaines en Allemagne, a été la publication que l'administration impériale des postes et des télégraphes a fait paraître, le 14 juin 1880, pour la ville de Berlin. Cette publication avait pour objet de s'assurer si le besoin se faisait sentir à Berlin de relier les habitations, les bureaux, les fabriques des personnes qui désireraient utiliser le téléphone comme mode de communication, et de fournir à tout participant la faculté de se mettre à toute heure en relation avec chacun des autres participants, au moyen du téléphone.

Voici les conditions qui furent généralement fixées pour la participation à ces nouvelles installations.

Pour le service téléphonique à Berlin et dans les environs, l'administration des postes de l'Empire se charge d'établir et d'entretenir des lignes télégraphiques et aussi de fournir les appareils nécessaires. Ces lignes et appareils seront mis à la disposition des autorités et des particuliers contre le paiement d'une redevance annuelle.

La redevance annuelle, pour avoir la jouissance d'une ligne téléphonique d'une longueur maxima de 2 kilomètres, y compris les appareils, ainsi que pour desservir les appareils du bureau télégraphique qui doit établir, suivant les besoins, la communication télégraphique entre les participants, est fixée à 200 marcs (250 francs).

Pour les lignes d'une plus grande longueur, le prix

est augmenté de 50 marcs (62f,50) par chaque kilomètre ou fraction de kilomètre additionnel.

Si un propriétaire désire faire relier par une ligne commune au bureau téléphonique central des locaux différents situés dans le rayon urbain, la redevance sera augmentée de 100 marcs (125 francs) par année pour chacune de ces installations.

A ces taxes viennent s'ajouter encore les frais éventuels des indemnités que l'administration aurait à payer dans certains cas pour pouvoir utiliser les immeubles des particuliers à la fixation des points de support de la ligne.

Pour la réception et la remise d'une communication qu'un abonné enverrait par le téléphone au bureau intermédiaire, il sera perçu une taxe fixe de 10 pfennigs (0f,125) et une taxe par mot de 1 pfennig (0f,0125) si le destinataire demeure dans le rayon de la remise du bureau télégraphique. Si le destinataire ne demeure pas dans le district du bureau télégraphique auquel l'abonné est relié, ou si la communication a une destination extérieure, il sera perçu, en outre, les taxes réglementaire pour la retransmission par la poste tubulaire ou par le télégraphe. Les taxes pour la réception et pour la retransmission des communications devront être payées à la fin de chaque mois. Dans ce cas, on appliquera les dispositions générales en vigueur pour le paiement différé des taxes télégraphiques.

Les redevances annuelles doivent être payées d'avance. En cas de retard ou s'il a été constaté qu'un particulier a fait un emploi abusif de son abonnement, l'administration a le droit de supprimer immédiatement la communication télégraphique entre l'abonné

en faute et le bureau, et les sommes déjà payées pour la redevance ne sont pas remboursées. Quand il se produit une interruption dans une communication téléphonique d'un abonné, ce dernier n'a droit au remboursement de la somme correspondante à la durée de l'interruption que si cette interruption s'est maintenue d'une manière continue pendant 4 semaines au moins, à partir du jour de sa notification.

Les obligations prises de part et d'autre font l'objet d'un contrat de deux ans, au moins, pour les courtes distances et de quatre ans pour les lignes d'un plus long parcours, avec cette stipulation que le contrat sera prolongé tacitement d'une année et, ensuite, d'année en année, si aucune des parties ne l'a dénoncé trois mois avant son expiration. Les frais de timbre du contrat sont à la charge de l'abonné.

A la suite des expériences faites depuis cette époque, ces conditions ont été modifiées en ce qui concerne les quelques points ci-après.

1° En raison des exigences du service, il a été décidé qu'il ne pourrait être intercalé, dans une ligne téléphonique, qu'un poste intermédiaire.

2° Il a été accordé aux abonnés qui en auraient fait la demande, la faculté de recevoir par téléphone les télégrammes arrivant pour eux au bureau télégraphique. Cette faculté présente surtout des avantages pour les abonnés dont le domicile est assez éloigné du bureau télégraphique. La taxe afférente à cette transmission est fixée à 10 pfennigs par télégramme et à 1 pfennig par mot. Après la transmission téléphonique du télégramme, le bureau télégraphique en envoie gratuitement par la poste une copie au destinataire.

3° L'ajournement des perceptions des taxes pour la réception et la retransmission des communications, télégrammes, etc., dictés par le téléphone aux bureaux télégraphiques, ne donne lieu à aucune bonification spéciale. Par suite est supprimée l'obligation de fournir caution pour garantir le paiement des droits susmentionnés.

4° Sur la demande du propriétaire, il peut être établi dans les différents logements de sa maison des postes téléphoniques à l'usage des locataires. Pour chaque poste de ce genre, il sera perçu une bonification annuelle de 50 marcs; toutefois le chiffre total de la redevance, par maison ou propriété, ne pourra pas être moindre de 100 marcs par an.

5° Si les abonnés le désirent, l'administration fera installer dans les différents corps d'un même bâtiment plusieurs appareils téléphoniques qui, au moyen d'un commutateur, pourront utiliser momentanément la communication reliant la maison au bureau central. On pourra aussi installer un avertisseur dans les parties éloignées de l'immeuble (cour, chantier, dépôt, etc.) pour appeler l'abonné, s'il ne peut pas rester constamment à proximité du téléphone. La taxe additionnelle à payer pour ces dispositions s'élève annuellement à 20 marcs (25 francs) pour chaque appareil nouvellement installé, et à 10 marcs (12fr,50) pour l'installation d'un avertisseur du système ordinaire.

Une nouvelle facilité a été accordée, en outre, aux abonnés, c'est celle de pouvoir mettre gratuitement leur appareil à la disposition d'autres personnes. Ainsi, dans les hôtels ou autres établissements publics, de même que dans les cercles et clubs, les hôtes et respectivement les habitués et les membres des cercles

peuvent faire usage des téléphones qui y sont installés, sous la seule condition que le détenteur du poste téléphonique ne réclame aucune bonification de ce chef.

Le nombre des souscriptions adressées à l'administration à la suite de la publication précitée fit reconnaître que, malgré les facilités de communication qu'offraient déjà la poste tubulaire et le grand nombre des stations télégraphiques de la capitale, l'établissement de lignes téléphoniques serait accueillie comme une innovation très désirable par les commerçants et les industriels de Berlin, l'administration décida, en conséquence, de procéder immédiatement à l'exécution de ces installations.

Pour faciliter les raccordements, les fils conducteurs ont été conduits par-dessus les toits, et grâce à la bonne volonté des propriétaires, il n'a jamais été nécessaire de déroger à ce système.

Pour l'établissement des communications avec les postes d'abonnés, on avait, dès le début, prévu la création de deux stations centrales, qui ont été installées dans les bâtiments impériaux situés Französische strasse, n° 33 c. et Mauer strasse, n° 74. Chacune de ces stations a été pourvue dès l'abord de deux commutateurs (armoires à clapets) disposés chacun pour 50 abonnés, de sorte que la première installation devait suffire pour 200 abonnés. Aujourd'hui, Berlin a six stations centrales dont celle de la Französische strasse possède, à elle seule, 12 commutateurs correspondant à 600 lignes.

Au début de la construction, le nombre des demandes de participation s'était élevé à 94 pour 193 postes téléphoniques, dont une grande partie ne furent

pas reliés aux stations centrales, mais directement entre eux. Une partie de ces lignes a pu déjà être ouverte au service le 12 janvier 1881, tandis que tout le réseau ne l'a été qu'au 1er avril suivant. Partout, la netteté de la reproduction orale a été excellente.

Peu de temps après, l'Administration ayant décidé d'établir pour son propre compte des installations téléphoniques dans les villes de l'Empire où le besoin viendrait à s'en faire ressentir, la Chambre de commerce de Mulhouse demanda que cette ville fut dotée de ce système de communication. Le réseau téléphonique de Mulhouse, établi dans les mêmes conditions que celui de Berlin, a été ouvert au service le 24 janvier 1881. Le jour de l'inauguration, on a effectué 159 communications, et les conversations ont toutes été parfaitement claires et intelligibles.

A Hambourg aussi, des informations prises presque à la même époque donnèrent lieu de constater qu'on pourrait compter pour le commencement, au moins, sur une participation de 150 personnes. Bien que les conditions locales et principalement la disposition architecturale des maisons présentassent encore à Hambourg de plus grandes difficultés qu'ailleurs pour la construction d'un réseau téléphonique général, on procéda immédiatement à son exécution, et les travaux furent poussés si activement que le réseau put déjà être ouvert au service le 16 avril 1881.

Sur ces entrefaites, la mise en exploitation des premières lignes de Berlin et de Mulhouse avait tellement excité l'intérêt du public que le nombre des abonnés, principalement dans le monde des commerçants et des industriels, s'était accru de la manière la plus satisfaisante. Ce qui contribua surtout à Berlin à développer

cet accroissement, c'est d'avoir compris la Bourse dans le réseau général. Ce fait engagea plusieurs banques à se relier au réseau téléphonique. Le système téléphonique de la Bourse fournit à chaque visiteur la faculté de se mettre en rapport avec tout abonné pendant les heures de bourse, de midi à 3 heures. Le droit de faire usage des installations téléphoniques de la Bourse est accordé aux abonnés des téléphones urbains, contre le paiement d'une redevance annuelle de 170 marks (212^{fr},50), dont 70 marks (87^{fr},50) reviennent à la caisse postale et 100 marks (125 francs) à la corporation des marchands (Kaufmannschaft). Quant aux visiteurs de la Bourse, ils peuvent y employer le téléphone, en payant pour chaque utilisation une taxe de 70 pfennigs (0^{fr},875) répartie dans la proportion de 5 à 2 entre la caisse postale et celle de la corporation des marchands. Les abonnés ne sont nullement limités dans l'usage de cette communication, tandis que pour les visiteurs non abonnés, le paiement de la taxe simple ne donne droit qu'à une conversation de 5 minutes. Les cabines téléphoniques nécessaires ont été établies par le collège des doyens de la corporation des marchands, et l'Administration, de son côté, a fait relier chacune de ces cabines à la station centrale la plus rapprochée. C'est aux intéressés à faire les démarches nécessaires auprès du collège des doyens pour obtenir l'autorisation de faire usage des postes téléphoniques.

Les heureux résultats qu'ont donnés les premières lignes téléphoniques urbaines, encouragèrent l'Administration à poursuivre énergiquement l'extension de ce moyen de communication. C'est ainsi qu'elle a pu faire se succéder rapidement l'ouverture au public, dans les conditions générales ordinaires, des installations

téléphoniques de Francfort-sur-le-Mein, le 1er août, de Breslau, le 1er septembre, de Cologne ainsi que de Mannheim, le 1er octobre, et qu'elle a, dans la même année, pu encore entreprendre la majeure partie des travaux de construction pour l'établissement des réseaux téléphoniques des villes d'Altona, de Barmen, d'Elberfeld, de Hanovre, de Leipzig, de Magdebourg, de Stettin et de Strasbourg en Alsace. C'est en 1882 qu'a eu lieu l'ouverture de ces installations, à savoir : à Magdebourg, le 18 janvier, à Leipzig, et Altona, le 1er février, à Stettin, le 1er mars, à Barmen et Elberfeld, le 1er avril, à Hanovre, le 4, et à Strasbourg, le 18 septembre. Pendant cette même époque on avait déjà livré à l'usage du public les installations téléphoniques de Crefeld et de Deutz, les 1er et 17 juillet. La même année encore, on a pu achever et ouvrir au service les installations urbaines de Dresde, le 1er octobre, de Brême, le 16 octobre, de Brunswick, le 27 octobre et de Gebweiler en Alsace, le 5 décembre. En outre, c'est en 1882 que l'Administration a fait établir les premières communications reliant entre eux les systèmes téléphoniques de diverses villes par un nombre approprié de conducteurs. Ces nouvelles communications ont été établies, d'abord : entre Elberfeld et Barmen, entre Cologne et Deutz, entre Hambourg et Altona, entre Mulhouse et Gebweiler, puis, après une entente avec l'Administration bavaroise, entre Mannheim et Ludwigshafen. Enfin, dans les derniers jours de cette même année, on avait en partie entrepris et en partie préparé les travaux de construction des installations téléphoniques des villes d'Aix-la-Chapelle, de Chemnitz, de Dantzig, de Kiel, de Kœnigsberg en Prusse, de Mayence et de Potsdam.

Dans cette même année, on a poursuivi également l'extension des installations téléphoniques affectées à des buts spéciaux, en établissant, pour les personnes qui fréquentent la Bourse, 16 cabines téléphoniques à Berlin et 2 dans chacune des villes de Breslau et de Cologne. C'est surtout à Berlin qu'il est fait usage de ces cabines. En outre, il a été ouvert, dans 9 bureaux de voies de communications à Berlin et dans un bureau de chacune des villes de Hambourg et de Francfort-sur-le-Mein, des postes téléphoniques publics où toute personne est admise à converser pendant cinq minutes avec un abonné quelconque du système téléphonique urbain, contre le paiement d'une taxe de 50 pfennigs (0fr,625).

De la même manière que les années précédentes, l'Administration a continué, en 1883, à développer les installations téléphoniques urbaines déjà existantes, ainsi qu'à construire de nouveaux réseaux de ce genre. C'est ainsi qu'elle a ouvert au service les réseaux téléphoniques de Potsdam, le 13 mai, de Kiel, et de Düsseldorf, le 1er juillet, de Chemnitz, le 16 juillet, de Kœnigsberg en Prusse, le 16 septembre, d'Aix-la-Chapelle-Burtscheid et de Wandsbeck, le 1er octobre, de Mayence et de Bremerhaven-Geestemünde, le 15 octobre, de Harbourg sur l'Elbe et de Dantzig, le 1er décembre et, enfin, celui du district industriel de la Haute-Silésie, le 11 décembre 1883. De toutes ces installations ainsi que des installations antérieures, la plus remarquable et la plus étendue est certainement celle du district industriel de la Haute-Silésie qui comprend les cercles de Beuthen (Haute-Silésie), de Gleiwitz, de Kattowitz, de Tarnowitz et de Zabrze, embrassant une superficie de 1660 kilomètres carrés. La plus grande

distance entre deux postes est en chiffres ronds de 60 kilomètres. La Société des mines et usines de la Haute-Silésie a contribué à la construction de la première ligne dont les frais avaient été évalués à 84.000 marks (105.000 francs) par une subvention à fonds perdus de 30.000 marks (37.500 francs). Cette subvention a permis à l'Administration de déroger au tarif généralement en vigueur, lequel est établi sur la base de la longueur de la ligne de raccordement, et de fixer l'abonnement pour un poste téléphonique à une moyenne de 200 marks par an. Après avoir fait poser, dans le court intervalle du 6 septembre au 11 décembre, $114^{kil},16$ de poteaux de bois et $1^{kil},83$ de supports métalliques, soit en tout $116^{kil},01$ de supports et $807^{kil},51$ de fils conducteurs, l'Administration a pu, le 11 décembre précité, ouvrir au service tout le réseau comprenant 73 postes téléphoniques reliés à la station centrale établie à Beuthen en Haute-Silésie. Une autre ligne qui mérite également d'être relevée à part, est celle qui a été établie pour la communication entre Berlin et la résidence de Potsdam, avec laquelle la capitale entretient des relations sociales et commerciales très animées. Les travaux d'exécution ont été poussés assez activement pour que l'inauguration du système téléphonique urbain à Potsdam ait pu être accompagnée en même temps de l'ouverture au service de la communication avec les abonnés de Berlin. La ligne de communication entre le bureau téléphonique central n° II de la Mauerstrasse, à Berlin, et le bureau central de Potsdam qui a été installé dans le bureau de poste n° I, se compose de 4 conducteurs, et a une longueur d'environ 33 kilomètres. Malgré la distance assez grande qui sépare ces deux localités, l'entente

entre les correspondants s'effectue sans difficulté. Les abonnés de Potsdam paient pour le droit de communication avec les abonnés de Berlin une redevance additionnelle de 50 marks par année.

Une ligne plus longue encore est celle de Brême à Bremerhaven, d'environ 63 kilomètres. On a pu procéder à l'établissement de cette ligne après que des essais préalables eurent démontré que l'emploi du microphone assurait constamment une communication claire et distincte entre les deux localités. Il a été établi 4 fils de jonction. Pour l'usage de ces communications, les abonnés de Brême et de Bremerhaven paient une redevance additionnelle de 100 marks par an.

Outre ces deux grandes lignes de communication, l'Administration en a encore établi entre Hambourg et Harbourg sur l'Elbe et entre Hambourg et Wandsbeck.

En 1883, le nombre des cabines téléphoniques installées dans les Bourses s'est élevé à 25, dont 20 à Berlin, 2 à Breslau, 2 à Cologne et 1 à Magdebourg, tandis que le nombre des bureaux téléphoniques publics a été porté à 14 (9 à Berlin, 1 dans chacune des villes de Cologne, Francfort-sur-le-Mein, Hambourg, Magdebourg et Potsdam). A l'exception du bureau téléphonique public de Cologne dont la direction a été confiée à un particulier, tous les postes de ce genre sont dirigés par des fonctionnaires de l'Administration.

Avec l'extension croissante des bureaux télégraphiques desservis par téléphones, le nombre des classes sociales et professionnelles qui font usage de ces communications s'est aussi considérablement étendu. Au moment de la construction des lignes téléphoniques

urbaines, il n'y a eu généralement que les grandes maisons de commerce et de banque qui aient demandé à entrer comme abonnés, tandis que les maisons de moindre importance n'ont apporté leur concours qu'après s'être rendu compte, par l'effet pratique du nouveau moyen de communication, des avantages qu'il leur offrait. Les listes d'abonnés dans les villes où ces installations fonctionnent déjà depuis un certain temps, forment aujourd'hui une nomenclature des représentants de toutes les professions et de toutes les classes. En dehors des autorités impériales et autres, on y trouve des maisons de commerce, des fabriques, des entrepôts, des entreprises de transports, des sociétés d'assurances, des expéditions de journaux, des libraires, des magasins et des ateliers artistiques, des imprimeries, des distilleries, des teintureries, des hôtels, des auberges, des confiseries et pâtisseries, des pharmacies, des médecins, des architectes, des rentiers, des hommes de loi, des agents de brevets, des entrepreneurs de bâtiments, des acteurs, des maîtres-maçons, des commerçants en farines, des restaurateurs, des peintres, des traiteurs, des marchands de comestibles, des bouchers, des horlogers, des bijoutiers et beaucoup d'autres professions.

A la fin de 1883, il y avait dans 37 villes un ensemble de 5.351 postes téléphoniques, dont la communication avec les stations centrales a nécessité l'emploi de 518 kilomètres de poteaux en bois et 832 kilomètres de supports métalliques, soit en tout 1.350 kilomètres de supports et 10.431 kilomètres de fils. Les frais d'établissement de tous ces systèmes se sont élevés à la somme totale de 3.789.324 marks (4.736.655 francs).

La fréquence de l'utilisation des téléphones urbains

donne les résultats les plus favorables. Elle s'accuse par le nombre moyen des communications établies par jour et par poste d'abonné. Cette moyenne s'élève pour Berlin à 8,10, pour Crefeld, à 7,66, pour Hambourg à 7,39, pour Mayence à 4,98, pour Brême à 4,60, pour Magdebourg à 4,31, pour Stettin à 4,02. Pour les autres réseaux téléphoniques urbains, le nombre des communications établies ne dépasse pas 4 par jour et par poste d'abonné.

En 1884, on a ouvert des installations téléphoniques dans sept nouvelles localités et dans huit autres elles sont actuellement en voie d'exécution. A la fin de l'année 1884, le nombre des postes téléphoniques s'élèvera bien au delà de 8.000 pour 52 villes et le district industriel, de la haute Silésie. Au 1er octobre 1884, on comptait 7.602 postes téléphoniques, avec une longueur totale de 1.695 kilomètres de lignes et un développement total de 14.138 kilomètres de fils conducteurs. Ces chiffres s'accroîtront encore à l'avenir, l'Administration ayant, en 1884, décidé de réduire, pour faciliter l'usage des communications téléphoniques, le prix de l'abonnement, dans les limites du territoire des localités desservies, à 150 marks (187fr.50) par an, sans égard à la distance.

Lignes télégraphiques spéciales pour l'établissement de communications directes entre des comptoirs et des maisons d'habitations ou entre ceux-ci et un bureau télégraphique de l'État.

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer au commencement de ce compte rendu, le nombre des lignes télégraphiques établies pour des usages privés était

autrefois peu considérable. Il n'a pas également augmenté d'une manière sensible dans les premières années qui ont suivi l'invention du téléphone. Mais déjà lorsque l'Administration a établi les premières lignes téléphoniques urbaines, des particuliers ont manifesté le désir d'obtenir des communications directes entre leurs bureaux, sans raccordement avec les stations centrales.

Ces demandes engagèrent l'Administration à faire procéder, en même temps que s'effectuait l'établissement des installations téléphoniques urbaines, à la construction d'un assez grand nombre de réseaux privés. Lorsque les avantages du téléphone vinrent aussi à être connus en dehors des grandes villes, les demandes d'établissement des lignes télégraphiques pour des usages privés devinrent si fréquentes que l'Administration qui, jusqu'alors, avait pris, dans chaque cas, une décision spéciale pour accorder son autorisation, a cru opportun de fixer d'une manière générale les principes d'après lesquels elle concéderait des lignes privées. A cet effet, le Secrétaire d'État de l'office des postes de l'Empire a fait publier, à la date du 22 novembre 1882, un résumé « des conditions auxquelles est soumis l'établissement par l'Administration des postes et télégraphes de l'Empire de lignes télégraphiques privées ». Ces conditions déterminent, en premier lieu, les relations avec les bureaux télégraphiques des lignes privées qui doivent leur être reliées. Dans les endroits où il n'existe pas de stations téléphonique centrale, elles donnent aux personnes qui se relient au réseau télégraphique de l'Empire, le moyen de correspondre directement entre elles et leur assurent ainsi tous les avantages d'une station cen-

trale, compatibles avec la situation; elles visent enfin les communications télégraphiques établies par l'Administration pour des particuliers, sans être reliées aux bureaux télégraphiques de l'Empire.

Les installations télégraphiques nécessaires sont effectuées et entretenues par l'Administration et données aux particuliers en location pour leur usage exclusif. Les rapports entre les locataires de ces lignes et l'Administration sont réglés d'après les principes suivants.

Les télégraphes privés, comportant communication avec les bureaux télégraphiques de l'Empire sont destinés à transmettre aux locataires de ces lignes les télégrammes que les bureaux reçoivent à leur adresse et à recevoir pour être retransmis les télégrammes qu'ils expédient. Ces télégraphes peuvent aussi être employés pour la remise aux locataires des télégrammes consignés à leur adresse au bureau du télégraphe, ou pour la réexpédition à destination par exprès ou par poste des télégrammes transmis par le télégraphe privé au bureau télégraphique.

La rente annuelle à payer pour ces lignes est fixée :

Par kilomètre de fil conducteur à 50 marks.

Et pour les installations et les appareils :

a) En cas d'emploi du téléphone, à 100 marks.

b) En cas d'emploi de l'appareil Morse, à 150 marks.

Si plusieurs bureaux privés sont reliés à un même bureau de l'État et si leurs locataires désirent être reliés entre eux, cette faculté leur est accordée contre le paiement d'une taxe additionnelle de 50 marks (62^{fr},50) par an, pour chaque bureau privé.

Les télégraphes privés non reliés aux bureaux télégraphiques de l'État servent à la correspondance télé-

graphique entre diverses résidences et bureaux d'une seule et même personne ou société, ou à la correspondance échangée entre diverses maisons ou personnes.

Les locataires des lignes privées ne peuvent en faire usage que pour leur propre correspondance et ne doivent autoriser, ni contre rémunération ni gratuîtement, la transmission de la correspondance d'autres personnes.

La rente annuelle pour ces lignes est fixée aux chiffres ci-après :

A. Pour un kilomètre de fil conducteur, 50 marks.

B. Pour chaque poste, quand la ligne est employée seulement à la correspondance entre les bureaux d'un seul et même propriétaire.

a) Avec l'usage du téléphone, 50 marks.

b) Avec l'usage de l'appareil Morse, 100 marks.

Quand la ligne est affectée à la correspondance échangée entre les bureaux de différentes personnes, la taxe indiquée sous la lettre B doit être payée par chaque abonné séparément, de sorte que la rente totale pour chaque poste téléphonique avec deux abonnés s'élève à 100 marks, et avec trois abonnés à 150 marks, et ainsi de suite. Les locataires de ces lignes doivent s'engager par contrat à payer ces rentes pour la durée de 5 ans.

Pour le fonctionnement de ces lignes on peut faire usage du téléphone ou de l'appareil Morse.

Ces installations ont pris également un rapide développement. A la fin de l'année 1880, il existait :

1° 50 lignes privées reliées à des bureaux télégraphiques de l'État, dont 42 fonctionnant avec des appareils Morse, et 8 avec des téléphones ;

2° 155 télégraphes privés reliés à des stations télégraphiques de l'État, dont 42 fonctionnent en majeure partie avec des appareils Morse. Ces lignes servaient principalement au service du chemin de fer sur des lignes de jonctions, de mines, etc.

3° 84 lignes privées seulement pour la correspondance directe entre des comptoirs, etc., sans jonction avec les bureaux télégraphiques de l'Empire, dont la moitié fonctionnant avec des appareils Morse, un quart avec des téléphones et le reste avec différents autres appareils.

A l'occasion de l'établissement des installations téléphoniques urbaines, il a été effectué, avant que les conditions susmentionnées aient été fixées, 289 lignes télégraphiques privées avec 602 postes desservis par des appareils téléphoniques.

Depuis le 22 novembre 1882, date de la mise en vigueur des conditions réglementaires en question, jusqu'à la fin de l'année 1883, on a érigé 249 lignes, dont 6 desservies par des appareils Morse et 243 par des téléphones. La longueurs des fils conducteurs de ces lignes s'élève, en chiffres ronds, à 723 kilomètres, soit environ 3 kilomètres par chaque ligne.

En outre, à la fin de 1883, il y avait dans l'étendue des territoires qui relèvent de l'Administration des postes et télégraphes de l'Empire allemand, 783 lignes télégraphiques construites et exploitées par certaines autorités ou particuliers, en vertu d'autorisations générales ou spéciales de l'Administration impériale. Sur ces 783 lignes, qui ont un développement de fils conducteurs de 2.702 kilomètres, 646 sont desservies par des téléphones. A cette même époque, on comptait en

tout 1.178 lignes télégraphiques privées desservies par des téléphones.

Les renseignements qui précèdent montrent que grâce à l'emploi du téléphone, la télégraphie a acquis une extension dont on pouvait à peine avoir l'idée auparavant. Il est indubitable que la facilité avec laquelle se manœuvre cet appareil, en rendra, dans les années suivantes, l'usage de plus en plus accessible à des classes plus nombreuses de la population.

(Extrait du *Journal télégraphique de Berne*).

CHRONIQUE.

Signaux de nuit de la marine française, escadre de la Méditerranée.

(Communication de M. A. DE MÉRITENS à la Société internationale des Électriciens.)

A la dernière séance de l'année, avant les vacances, j'ai eu l'honneur de vous entretenir de l'éclairage des phares et de vous montrer que l'électricité avait pris possession, dans tous les pays, des phares du premier ordre d'une façon définitive.

J'ai, aujourd'hui, à vous parler d'une application nouvelle qui n'est pas moins importante. Il s'agit des signaux de nuit de la marine de guerre.

Ces signaux se font de différentes manières dans les divers pays maritimes. Presque généralement, excepté en France, on procède par une espèce de télégraphie optique, par brèves et longues. Un fanal, aussi puissant que possible, est allumé sur une vergue, à bord du navire qui porte le pavillon du commandant en chef. Ce fanal est pourvu d'un écran mobile qui peut être manœuvré au moyen d'une corde. Quand on enlève l'écran, la lumière est visible pendant un temps plus ou moins long, à volonté. Elle est interceptée en l'abaissant. Les signaux sont transmis aux autres navires de l'escadre par brèves et longues, d'une façon entièrement analogue à ce qui se passe en télégraphie, quand on opère avec un télégraphe de Morse. Cette méthode est presque générale, je le répète, à toutes les nations. Elle a le très grave inconvénient de laisser le commandant du navire, qui fait les signaux d'ordre, exposé aux erreurs de vues ou autres de l'agent chargé des signaux. Il n'y aucun contrôle. Si la vue de l'agent est bonne, si son application est constante, si l'état de l'atmosphère est favorable et si la distance n'est pas grande, on peut, dans une certaine mesure, compter sur un signal. Mais à quels dangers

n'est-on pas exposé ? Une erreur d'optique, une distraction de l'agent, une brève prise pour une longue ou réciproquement, peuvent amener un abordage et la perte d'un bateau. En temps de guerre, aucune manœuvre ne peut être ordonnée avec la certitude qu'elle sera bien exécutée.

Pour atténuer, au moins, ces difficultés, on a imaginé, dans la marine française, un autre système de signaux de nuit. On hisse, presque parallèlement à la mâture, le long d'une vergue, dix petits fanaux, semblables à ceux que vous voyez ici, éclairés chacun par une bougie stéarique. Les cinq fanaux supérieurs sont séparés, dans la verticale, par un certain intervalle, des cinq fanaux inférieurs. Suivant que 1, 2, 3, 4 ou 5 des fanaux supérieurs sont allumés, en même temps que 1, 2, 3, 4 ou 5 des fanaux de la série inférieure, une convention, arrêtée d'avance, indique la signification du signal fait. Ce signal peut être permanent comme les pavillons en plein jour. Il est facile à contrôler. Il fournit, en moins de temps, plus d'explications que les brèves et les longues et est, en tous points, préférable. Mais il est encore loin d'être à l'abri d'une erreur ou d'un malentendu. Le commandant du bord qui envoie les signaux n'a plus à s'en rapporter, exclusivement, à la bonne exécution et à la bonne vue d'un agent, mais il a encore à compter avec la moins bonne ou meilleure combustion des bougies employées. Un ou plusieurs des fanaux hissés peuvent s'éteindre, isolément, pendant la manœuvre. Ce fait se présente quelquefois. Il faut un temps assez long pour faire les signaux, les vérifier et avoir les réponses. On n'a pas encore une sécurité suffisante pour manœuvrer, sans crainte, devant l'ennemi. Il était réservé à l'électricité de résoudre encore ce problème.

La France a été la première à décréter l'éclairage de ses phares de premier ordre à la lumière électrique. Elle a aussi été la première à inaugurer les signaux de nuit par l'électricité dans sa marine de guerre.

La question était complexe. Il fallait avoir à sa disposition un courant qui put être modifié, à volonté, en quantité et en tension : en quantité si l'on voulait faire un signal avec dix lampes, et en tension si l'on voulait opérer par brèves et longues avec une seule lampe plus puissante que chacune des dix, prise isolément.

L'appareil manipulateur devait être combiné de telle façon que le signal pût être préparé, en entier, avant l'allumage, exécuté ensuite, et disparaître complètement après qu'il a été vu. De cette façon, toute perte de temps, toute erreur provenant de l'extinction d'un foyer isolé, sera évitée.

Il fallait encore qu'un navire à voiles ou un vapeur en station, n'ayant pas ses générateurs en pression, pût envoyer des signaux.

C'est pendant l'Exposition de 1881 que le problème me fut posé par plusieurs officiers de notre marine. Voici comment j'ai réussi à le résoudre :

J'ai choisi un diminutif de ma machine de phares, une machine magnéto-électrique à un seul anneau. Un plateau permutateur a été placé sur la partie mobile de la machine. Au moyen des huit bouchons à vis, fixés sur le plateau, les courants peuvent être recueillis, à volonté, en quantité ou en tension. Une roue dentée, à dents héliçoïdales, mise en mouvement à l'aide de deux manivelles, commande un pignon calé sur l'arbre de la machine. Quatre hommes suffisent pour imprimer une vitesse de 600 tours par minute, à l'anneau mobile, en faisant faire 50 tours aux manivelles. Vous jugerez par vous-mêmes, tout à l'heure, l'intensité lumineuse qu'il est possible d'obtenir, à bras d'hommes, avec cette machine.

L'appareil mécanique, générateur d'électricité, remplit donc, comme vous allez le voir, toutes les conditions voulues.

Le manipulateur que j'ai appelé *commutateur à touches*, porte, à sa partie supérieure, douze bornes. Dix de ces bornes amènent les courants à dix lampes à incandescence placées dans les fanaux à la place des bougies stéariques. Les deux autres servent à l'entrée et à la sortie du courant dans l'appareil.

A la partie inférieure sont douze boutons mobiles. Les dix du milieu servent à faire à volonté, les courants dans les lampes. Ils sont numérotés 1, 2, 3, 4, 5, et au-dessous est écrit : *haut*, ce sont ceux de gauche ; et 1, 2, 3, 4, 5, et au-dessous est écrit *bas*, ce sont ceux de droite. En appuyant sur un quelconque de ces dix boutons, le contact permanent est fait pour que le courant puisse passer dans la lampe corres-

pondante. On appuie sur ceux que l'on désire, en haut et en bas. Le signal est préparé. On presse alors le dernier bouton, à droite, au-dessus duquel est écrit le mot : *allumé*. Les lampes choisies sont toutes, instantanément, allumées. Celles qui ne sont pas allumées sont remplacées, dans l'appareil, par une bobine de résistance exactement égale à la résistance de la lampe. Le signal est fait et vu. Il faut le faire disparaître. Pour cela, il n'y a qu'à presser sur le bouton extrême de gauche, au-dessous duquel est écrit le mot : *éteint*. Le courant est rompu. Tout est éteint. On est prêt à recommencer le signal ou à en faire un autre.

Pour les signaux par brèves et longues, par l'électricité, l'écran mobile est devenu inutile dans le fanal, on l'a supprimé. Il est remplacé par l'appareil que voici, qui est, en tous points, analogue à un fort bouton de sonnerie ordinaire. On fait les longues en appuyant longtemps et les brèves en appuyant très peu de temps.

Le premier essai de ces appareils a été fait pendant l'année 1882, à bord du *Marengo*. En 1883, une seconde installation fut demandée pour le *Trident*. Les appareils du *Marengo* passèrent alors à bord du vaisseau-amiral le *Richelieu*.

Après vingt mois d'expériences, la Commission, présidée par M. le vice-amiral Jaurès, commandant en chef l'escadre de la Méditerranée, adressa, au ministre de la marine, son Rapport sur les signaux électriques de nuit. Elle exprimait sa satisfaction des résultats obtenus. Le Rapport disait, entre autres choses, « que ce système de signaux devait apporter « un tel changement dans la tactique navale, qu'il était à « désirer que tous nos navires en fussent promptement « pourvus. »

A l'heure où j'ai l'honneur de vous parler, toute l'escadre de la Méditerranée possède les appareils de signaux que je vais maintenant faire fonctionner devant vous.

Les progrès de l'électricité en Amérique.

Tel est le sujet d'une conférence faite récemment à la Société des Ingénieurs des télégraphes et électriciens de Lon-

dres, par M. W.-H. Preece (*), du Post-Office, après un voyage qu'il a fait en Amérique, où il a été représenter l'Angleterre au Congrès de Philadelphie, comme nous l'avons annoncé dernièrement dans un de nos bulletins.

Nous croyons intéressant de résumer cette conférence dans laquelle un des hommes les plus distingués et les plus compétents en matière d'électricité a exprimé son opinion sur les progrès de cette science en Amérique et en Angleterre en comparant les résultats obtenus dans ces deux grands pays.

Lorsque M. W.-H. Preece, en 1877, visita l'Amérique pour la première fois, il y trouva beaucoup à apprendre et à mettre à profit; mais depuis cette année il trouva que pratiquement aucun progrès n'était réalisé, tandis qu'en Angleterre on est certainement beaucoup plus avancé.

Quant aux progrès matériels, M. W.-H. Preece mentionne qu'en 1877 le nombre de milles de fil de la Western Union, la plus puissante des Compagnies de télégraphes en Amérique était de 200.000, tandis qu'en 1884 ce nombre s'élevait à 433.726 milles (697.865 kilomètres).

Le nombre des télégrammes s'est élevé de 28.000.000 à plus de 40.000.000, les bureaux de 11.600 à 13.600 et le capital consacré de 40 millions de dollars à 80 millions, soit de 200 à 400 millions de francs.

La Compagnie, la Western Union, avait en réalité fait beaucoup de progrès matériels, mais très peu dans le domaine scientifique.

L'ingénieur en chef du Post-Office fait mention toutefois d'une exception en faveur de l'application et des expériences faites par cette Compagnie au moyen de l'appareil multiple Delany qui promet de donner d'excellents résultats.

Ce nouveau système de télégraphe sera exposé à la prochaine Exposition des inventions qui aura lieu cette année à Londres, et sera en outre mis à l'essai sur les lignes du Post-Office.

M. Preece constate qu'aux États-Unis, contrairement à ce

(*) Voir, pour la traduction *in extenso*, le *Journal télégraphique de Berne* (février 1885).

qui a lieu en Angleterre, on hésite beaucoup à adopter des appareils venant de l'étranger, il y a une exception cependant en faveur du Wheatstone dont l'emploi est déjà répandu en Amérique.

L'industrie téléphonique a passé par une mauvaise crise tandis qu'on cherchait par tous les moyens à renverser les brevets de Graham-Bell en lui contestant son invention.

M. Preece trouve que la base des prétentions des adversaires de Bell était tout ce qu'il y avait de moins sérieux et que leurs arguments étaient puérils.

On ne pourrait s'imaginer même en Angleterre le développement qu'a pris le téléphone en Amérique bien que cependant les entraves et les difficultés de toute nature lui eussent été opposées. Une compagnie qu'il pourrait citer a été taxée jusqu'à 75 p. 100 de ses recettes.

La raison pour laquelle le téléphone est si généralement employé provient des avantages immenses que son emploi procure au commerce et à l'industrie, sans oublier que dans certaines parties du pays l'élévation de la température ne permet guère de quitter ses bureaux pour vaquer à ses affaires.

Le développement immense des signaux électriques domestiques provient des nombreux messages qui peuvent être transmis sans avoir recours à des commissionnaires dont les salaires sont très élevés.

Le prix des communications téléphoniques est plus élevé qu'en Angleterre ; l'abonnement pour les avocats et hommes de loi est de 44 dollars, l'annuité ordinaire est de 55 dollars. Cependant à Chicago l'abonnement est de 26 dollars, à Boston et à Philadelphie de 25 dollars. La ville de Buffalo, par exception, a une taxe appliquée par communication et qui varie de 6, 5 et 4 cents par appel, suivant la garantie minima d'un nombre d'appels de 500, 1.000 et au delà de 1.000. Les appareils en usage ne valent pas mieux que ceux employés en Angleterre et leur sont même quelquefois de beaucoup inférieurs.

Le système des communications est infiniment meilleur et est dû en grande partie au concours même que le public apporte aux Compagnies de téléphones.

En Angleterre, Liverpool peut être comparé sous le rapport de la régularité des communications téléphoniques à ce qui se fait en Amérique.

A Milwankee le temps nécessaire pour donner une communication est au maximum de quatre secondes seulement.

On compte 97.400 téléphones en service, 90.000 milles de fil et 517.000 appareils ont été construits.

A New-York et aux environs il y a 10.600 abonnés, tandis que dans toute l'Angleterre on n'en compte que 11.000.

Abordant la question de l'éclairage électrique en Amérique, M. Preece constate que la lumière électrique a fait de très grands progrès, mais l'usage des courants de haute tension passant à travers des fils aériens mêlés à d'autres circuits, doit être hautement désapprouvé, car plusieurs incendies ont déjà été occasionnés par cette disposition de fils.

Cependant l'emploi des « coupe-circuits » qui fonctionnent lorsqu'un courant de plus d'un ampère passe à travers une ligne téléphonique devient général et plusieurs accidents ont déjà été écartés de cette façon. M. Preece est d'avis qu'Édison a, sans aucun doute, résolu le problème de la centralisation de la lumière électrique.

Parmi les autres travailleurs, il faut citer Édouard Weston qui a su mener l'éclairage électrique à un haut degré de perfection.

Il y a environ 90.000 lampes à arc actuellement en usage dans les États-Unis.

(*Bulletin de la Société belge d'Électriciens.*)

Horaire des bureaux télégraphiques et des télégrammes.

L'Association géodésique internationale, réunie à Rome au mois d'octobre 1883, avait émis le vœu qu'une convention internationale vint consacrer l'unification des longitudes et des heures en choisissant un méridien initial qui serait celui de Greenwich. Cette Convention s'est réunie à Washington au

mois d'octobre dernier et a adopté une série de résolutions qui donneraient à la question de l'unification du temps une solution conforme à celle qu'avait indiquée l'Association géodésique. Toutefois les décisions adoptées par la Conférence de Washington n'ont pas rallié jusqu'ici l'unanimité des suffrages. Quel sera, dans ces conditions, l'effet pratique de la Conférence de Washington, et les résolutions qu'elle a rédigées, aboutiront-elles à grouper un nombre d'États suffisants pour devenir le point de départ d'une Union internationale? Nous ne saurions émettre aucune prévision à ce sujet, mais, si le projet arrive à se transformer en un engagement diplomatique et à réunir, à défaut de la totalité, au moins le plus grand nombre des États, il en résultera très probablement une modification des conditions qui règlent aujourd'hui les horaires des bureaux télégraphiques et les heures de dépôt des télégrammes, par la substitution d'une heure universelle aux heures variables en usage aujourd'hui. C'est cette pensée qui nous engage à profiter des renseignements que nous avons eu récemment l'occasion de recueillir, pour jeter un coup d'œil sur le mode actuellement suivi, dans les différents pays, pour le règlement de ces horaires.

Aux termes de l'article IV, § 7, du règlement annexé à la Convention télégraphique internationale, le même temps est adopté par tous les bureaux d'un même État. C'est généralement le temps moyen de la capitale de cet État. » De cette disposition il suit, tout d'abord, que dans les limites, du moins, des territoires qui appartiennent à l'Union télégraphique, le système de l'heure locale vraie, variant avec chaque localité, ne saurait être introduit. Dans les termes où il est rédigé, le paragraphe précité semble même ne pas se prêter à la division en plusieurs centres horaires, des territoires d'un même État, qu'elle qu'en soit, d'ailleurs, l'étendue. Bien qu'en se rapportant à la pensée qui a inspiré cette rédaction, introduite en 1871 par la Conférence de Rome, on puisse ne pas attribuer à la disposition dont il s'agit un caractère aussi exclusif, on doit constater, néanmoins, qu'en réalité elle est généralement appliquée dans son sens le plus restreint. Tout au plus trouverait-on, en l'interprétant rigoureusement, une dérogation en Allemagne et en Autriche.

L'Allemagne, en effet, tout en ne constituant, au point de vue des relations internationales, qu'un seul État, comporte, on le sait, trois Administrations télégraphiques, celles de l'Empire, de la Bavière et du Wurtemberg. Or, chacune de ces Administrations a son horaire différent, qui est réglé, pour l'Office impérial sur le méridien de Berlin, pour la Bavière, sur celui de Munich et pour le Wurtemberg sur celui de Stuttgart. En Autriche, les bureaux de l'Administration gouvernementale des télégraphes, ainsi que ceux de quelques Compagnies de chemins de fer secondaires, suivent exclusivement l'heure de Vienne, mais les bureaux des grandes Compagnies de chemins de fer du centre, du sud, de l'ouest et du nord-est de l'Empire, jusqu'à Cracovie, se règlent sur l'heure de Prague, en retard de 8 minutes sur celle de Vienne, et ceux des Compagnies de chemins de fer à l'est de Cracovie et de la Bukovine sur l'heure de Budapest, en avance de 10 minutes sur celle de Vienne.

Par territoires d'un même État, il convient d'entendre, d'ailleurs, les territoires contigus. Quant aux possessions coloniales, qui constituent, presque toujours, comme membres de l'Union, des Offices distincts de l'Office métropolitain, elles ont généralement, ainsi qu'il résulte naturellement de leurs situations géographiques, leur horaire spécial. L'Algérie et la Tunisie font exception, en suivant, comme la France continentale et la Corse, l'horaire du méridien de Paris.

En ce qui concerne maintenant le choix du méridien régulateur, on peut partager les différents États en trois groupes.

1° Les Offices, et ce sont les plus nombreux, dont l'horaire est basé sur le méridien de la capitale. A cette catégorie, appartiennent les pays suivants: l'Allemagne, la Bavière, le Wurtemberg, l'Australie méridionale, la Belgique, le Brésil, la Bosnie-Herzégovine, la Bulgarie, la Cochinchine et le Cambodge, le Danemark, l'Égypte, l'Espagne, la France, la Grèce, la Hongrie, les Indes néerlandaises, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, le Portugal, la Roumanie, la Russie (St-Pétersbourg, pour tout l'Empire), la Serbie, la Suisse et la Turquie ;

2° Les Offices dont l'horaire est réglé sur le méridien d'une autre ville que la capitale. Ce sont ceux des pays suivants : la Chine dont les bureaux suivent l'horaire de Shanghaï, le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande qui a adopté le méridien de Greenwich, les Indes britanniques qui se règlent sur le méridien de Madras et les Pays-Bas qui ont le méridien d'Amsterdam ;

3° Les Offices qui ont adopté comme régulateur un degré de longitude ne passant par aucune localité déterminée, mais correspondant à peu près à l'heure moyenne du pays. Ce sont les Offices des pays suivants : la Suède dont l'horaire est basé, en vertu d'une loi de l'État, sur le méridien passant à 3 degrés de longitude à l'ouest de Stockholm (12 minutes de retard sur l'heure de la capitale), la Nouvelle-Zélande qui a choisi le méridien passant à 172°30′ à l'est du méridien de Greenwich (11 h. 30′ d'avance sur l'heure de Greenwich) et enfin les États de l'est des États-Unis de l'Amérique du Nord où le service télégraphique se règle sur le 75e degré à l'ouest du méridien de Greenwich (5 heures de retard sur celle de Greenwich).

C'est ce dernier méridien que suivent aussi les Compagnies transatlantiques des câbles du nord pour tous leurs bureaux américains, de même que la Compagnie Great Nothern suit pour ses bureaux de l'extrême Orient, le méridien de Sanghaï, adopté par l'Administration chinoise. D'une manière générale, d'ailleurs, l'on peut dire que les Compagnies de câbles sous-marins suivent l'heure adoptée par l'Office du pays où fonctionnent leurs bureaux. Toutefois, la Western and Brazilian submarine a adopté l'heure de Rio-de-Janeiro, non seulement pour ses bureaux des côtes du Brésil, mais encore pour le bureau de Montevideo, dans l'Uruguay.

Pour compléter ces informations, nous donnons dans le tableau suivant le relevé des méridiens régulateurs suivis par les différents Offices télégraphiques, avec l'indication de leur situation et de la différence d'heure par rapport au méridien de Greenwich, adopté, comme régulateur universel, par la Conférence internationale de Washington.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	MÉRIDIEN adopté.	SITUATION par rapport au méridien de Greenwich.	DIFFÉRENCE d'heure.
		Est.	Avance.
Allemagne (Adm. impér.).	Berlin.	13° 23′ 44″	53′ 35″
— Bavière.	Munich.	11° 34′ 32″	46′ 18″
— Wurtemberg. .	Stuttgart.	9° 10′ 42″	36′ 43″
Australie méridionale. . .	Adelaïde.	140° 58′ 14″	9h 23′ 52″
Autriche (Adm. des télégr.).	Vienne.	16° 22′ 41″	1h 5′ 31″
— (ch. de fer). . . .	Prague.	14° 25′ 33″	57′ 42″
— — . . .	Budapest.	19° 3′ 15″	1h 16′ 13″
Belgique.	Bruxelles	4° 22′ 18″	17′ 29″
Bosnie-Herzégovine	Serajewo.	18° 36′ 14″	1h 14′ 25″
Bulgarie.	Sofia.	23° 17′	1h 33′ 8″
Chine.	Shanghaï	120° 45′ 14″	8h 3′ 1″
Cochinchine et Cambodge.	Saïgon.	106° 41′ 14″	7h 6′ 45″
Danemark	Copenhague. . .	12° 34′ 42″	50′ 19″
Egypte.	Le Caire.	31° 15′ 26″	2h 5′ 2″
France (y compris l'Algérie et la Tunisie).	Paris.	2° 20′ 14″	9′ 21″
Grèce.	Athènes.	23° 43′ 43″	1h 34′ 55″
Heligoland.	Heligoland. . . .	7° 53′ 12″	31′ 33″
Hongrie	Budapest	19° 3′ 15″	1h 16′ 13″
Indes britanniques.	Madras.	80° 14′ 24″	5h 20′ 58″
— néerlandaises. . . .	Batavia	106° 48′ 12″	7h 7′ 13″
Italie.	Rome	12° 27′ 17″	49′ 49″
Japon	Tokio	139° 45′ 7″	9h 19′
Luxembourg.	Luxembourg. . .	6° 9′ 40″	24′ 39″
Norvège	Christiania. . . .	10° 43′ 38″	42′ 53″
Pays-Bas.	Amsterdam . . .	4° 53′ 8″	19′ 33″
Roumanie	Bucarest.	26° 6′ 26″	1h 44′ 26″
Russie.	St-Pétersbourg. .	30° 18′ 27″	2h 1′ 14″
Serbie	Belgrade.	20° 29′ 28″	1h 21′ 58″
Suède	3° O. Stockholm.	15° 3′ 47″	1h 0′ 15″
Suisse.	Berne	7° 26′ 25″	29′ 46″
Turquie	Constantinople .	28° 59′ 4″	1h 55′ 56″
Nouvelle Zélande.	»	172° 30′	11h 30′
		Ouest.	Retard
Brésil	Rio de Janeiro. .	43° 8′ 34″	2h 52′ 34″
Espagne.	Madrid.	3° 41′ 17″	14′ 45″
Etats-Unis (Etats de l'Ouest)	»	75° 0′ 0″	5h 0′ 0″
Portugal.	»	9° 5′ 19″	36′ 21″

(*Journal télégraphique de Berne.*)

Conductibilité électrique du mercure solide et des métaux purs, aux basses températures.

Note de MM. CAILLETET et BOUTY.

La résistance électrique des métaux purs croît avec la température. D'après les expériences de Matthiessen (*) et celles de M. Benoît (**), le coefficient moyen d'accroissement de la résistance pour un degré de température entre 0° et 100° diffère peu d'un métal à un autre et s'écarte à peine de 1/273, c'est-à-dire du coefficient de dilatation des gaz. Si la même loi continuait à s'appliquer aux basses températures, la résistance d'un métal, variant comme la pression d'un gaz parfait à volume constant, fournirait une mesure de la température, et s'annulerait au zéro absolu.

Nos expériences ont porté sur le mercure et divers autres métaux purs. Le mercure était contenu dans un tube de verre capillaire, contourné en spirale et terminé par deux tubes larges, dans lesquels plongeaient des électrodes de gros diamètre en cuivre amalgamé. Le réservoir d'un thermomètre à hydrogène (***) pénétrait à l'intérieur de la spirale, et le tout était plongé soit dans la glace, soit dans un bain de chlorure de méthyle ou d'éthylène refroidis par un courant d'air, suivant la méthode précédemment indiquée par l'un de nous. Quand on voulait opérer sur un autre métal, du cuivre par exemple, on remplaçait le tube en spirale par une bobine creuse de fil métallique, enroulée sur un support d'ébonite dans lequel on avait pratiqué de larges fenêtres, de manière à bien assurer le mélange des couches liquides, et l'uniformité de température du bain et de la résistance métallique à mesurer.

Nous n'avons opéré que des mesures relatives. La résistance étudiée était comparée à une résistance invariable formée par une colonne de mercure à 0°, à l'aide du pont de

(*) Matthiessen und v. Bose, *Pogg. Ann.*, CXV, p. 353; 1862.
(**) Benoît, *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 342; 1873.
(***) Thermomètre à hydrogène à volume constant, dans lequel la pression du gaz à 0° était de 509mm,3.

Wheatstone et d'un galvanomètre à réflexion très sensible. Voici les résultats que nous avons obtenus :

1° *Mercure.* — La formule empirique donnée par MM. Mascart, de Nerville et Benoît, pour la résistance apparente du mercure dans le verre, au-dessus de 0°, est applicable jusqu'à la température de congélation. En se solidifiant, le mercure devient subitement plus conducteur dans un rapport qui, à — 40°, se trouve égal à 4,08. La résistance du mercure solide décroît ensuite régulièrement à mesure que la température s'abaisse : elle est fidèlement représentée entre — 40° et — 92°,13 par la formule

$$r_t = r_{-40} \frac{1 + \alpha t}{1 - 40\alpha},$$

dans laquelle t représente la température centigrade, avec

$$\alpha = 0,00407.$$

Ce coefficient de variation α, près de cinq fois plus fort que celui qui convient au mercure liquide, se rapproche beaucoup de celui des autres métaux purs considérés à l'état solide.

2° *Argent, aluminium, magnésium, étain.* — Pour ces divers métaux, la résistance est représentée par la formule

$$r_t = r_0 (1 + \alpha t)$$

et les valeurs de α, déduites de nombreuses expériences opérées à diverses températures, sont les suivantes :

Métaux.	α	Limites de température.
Argent (*)	0,00385	+ 29°,97 à — 101°,75
Aluminium	0,00388	+ 27°,7 à — 90°,57
Magnésium	0,00390	0° à — 88°,31
Étain.	0,00424	0° à — 85°,08

Ces valeurs de α, très voisines de celles qui conviennent aux mêmes corps au voisinage de 0°, d'après les expériences de M. Matthiessen, sont presque identiques pour les trois premiers métaux ; la valeur de α correspondant au mercure so-

(*) Métal pur obligeamment prêté par M. Debray.

lide se place entre la valeur commune au magnésium, à l'aluminium et à l'argent, et celle qui convient à l'étain.

3° *Cuivre.* — Les expériences les plus complètes sont celles que nous avons réalisées sur le cuivre. Elles ont fourni les valeurs suivantes de α, déduites d'une trentaine de mesures que l'on a réparties en trois groupes.

	α	Limites de température.
Cuivre.	0,00418	0° à — 58°,22
	0,00426	— 68°,65 à —101°,30
	0,00424	—113°,08 à —122°,82

Ces valeurs de α sont un peu plus fortes que celles qui se déduisent, au voisinage de 0°, des formules de M. Matthiessen et de M. Benoît (*); la variation de la résistance est d'ailleurs d'une régularité presque absolue et qui dispenserait au besoin de recourir au thermomètre à hydrogène pour la mesure des températures comprises entre —20° et —123°. A cette dernière température on ne constate pas encore de variation appréciable de α, ce qui semblerait indiquer que la concordance, au moins approchée, du thermomètre à hydrogène et du thermomètre à spirale de cuivre se poursuit encore beaucoup plus loin.

4° *Fer, platine* (**). — Ces deux métaux s'écartent beaucoup des autres par la variation de leur résistance au-dessus de zéro; ils s'en écartent dans le même sens aux basses températures. La formule

$$r_t = r_0(1 + \alpha t) \qquad (2)$$

convient encore au fer de 0° à — 92° avec $\alpha = 0{,}0049$, mais elle ne s'applique pas au platine, la valeur de α déduite de la formule (2) qui, au voisinage de 0°, serait environ 0,0030, s'accroît en effet à mesure que la température s'abaisse et devient 0,00342 pour une limite inférieure égale à — 94°,57; ainsi, le platine se rapproche des autres métaux purs à mesure que la température s'abaisse

En résumé, nos expériences prouvent que la résistance électrique de la plupart des métaux purs décroît régulière-

(*) $\alpha = 0{,}00367$ (Matthiessen); 0,003637 (Benoît).

(**) Métal pur que M. Debray a bien voulu nous fournir.



ment quand la température s'abaisse de 0° à — 123°, et que le coefficient de variation est sensiblement le même pour tous. Il paraît probable que cette résistance deviendrait extrêmement petite et, par conséquent, la conductibilité très grande aux températures inférieures à — 200°, sans que nos premières expériences permettent de se faire une idée nette de ce qui se passerait dans de telles conditions.

Nous continuons ces recherches en employant les froids excessifs que nous obtenons au moyen de l'évaporation rapide des gaz liquéfiés. Ce travail a été exécuté au laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne. Nous avons été assistés avec beaucoup de zèle par M. Voisenat, élève-ingénieur des Télégraphes.

(*Comptes rendus.*)

Pile nouvelle, dite *auto-accumulateur* de M. Jablochkoff.

M'étant depuis longtemps occupé de rechercher une pile électrique simple et peu coûteuse, j'avais d'abord constitué une pile dont le métal combustible, qui était du sodium, était directement attaqué par l'oxygène de l'air. Cet appareil, qui offrait des avantages, présentait en même temps ce défaut qu'il était impossible d'arrêter son travail, à moins de le soustraire au contact de l'air.

J'imaginai d'abord d'atténuer cet inconvénient en adjoignant à la pile un accumulateur recueillant le travail : cette combinaison obligeait à l'emploi simultané de deux appareils. Je suis arrivé à éliminer cette complication en formant une pile nouvelle à trois électrodes.

Elle comprend en effet d'abord un métal oxydable formant la première électrode, puis une lame formée soit d'un métal peu oxydable, tel que le plomb, soit de charbon poreux susceptible de se polariser, cette lame formant la deuxième électrode; enfin une autre électrode formée de lamelles ou de tubes de charbon très poreux baignant dans l'air.

Je décrirai seulement, parmi les divers types employés, le

plus récent. Il se compose d'une cuvette plate en plomb ou plombée, dans laquelle on place des morceaux du métal oxydable; celui-ci peut être du sodium ou de l'amalgame de sodium, du zinc, du fer. Ce métal placé, on achève de remplir la cuvette jusqu'aux bords avec une matière spongieuse quelconque, toile d'emballage, sciure de bois, etc.

Il peut alors se présenter deux cas : si l'on a fait usage du sodium, il n'est pas nécessaire d'introduire d'eau, le sodium s'oxyde, forme de la soude caustique qui attire l'humidité; si le métal employé est du zinc ou du fer, on mouillera la masse spongieuse avec une solution renfermant, soit du sel marin, soit de préférence du chlorure de calcium, lequel attire et conserve l'humidité.

Enfin, sur la masse spongieuse aplatie, on place une rangée de tubes de charbon poreux. Pour le groupage, j'ai trouvé préférable de substituer à la cuvette en plomb une cuvette en charbon paraffiné.

L'action qui naît dans cette pile est la suivante : lorsque l'élément est formé mais reste ouvert, il s'établit des courants locaux entre le métal oxydable et l'électrode sur laquelle il est placé; celle-ci est polarisée et son potentiel s'élève jusqu'à ce qu'il ait atteint celui du métal; l'action s'arrête alors ou se réduit au minimum. Si l'on veut recueillir le courant extérieur utile, il suffit de relier par un conducteur l'électrode ainsi polarisée à l'autre électrode de charbon; la décharge commence; de leur côté les courants locaux reprennent leur action et restituent à l'électrode sa charge à mesure qu'elle la dépense.

Les éléments de cette pile ont été relevés à plusieurs reprises et trouvés les suivants : la force électromotrice dépend du métal oxydable employé; avec l'amalgame de sodium, elle est de $2^{volts},2$, avec le zinc de $1^{volt},6$, avec le fer de $1^{volt},1$.

La résistance intérieure pour un élément ayant $0^{m},1$ de côté varie entre $0^{ohm},25$ et $0^{ohm},5$, suivant l'épaisseur de la couche spongieuse et son degré d'humidité.

Les dimensions extérieures d'un élément sont de $0^{m},1$ en carré sur $0^{m},025$ de hauteur; le poids est de 200^{gr} à 250^{gr}.

Les avantages de cette pile sont les suivants : sa simplicité

et la commodité de sa manipulation. Voici comment celle-ci s'opère : les éléments sont rangés en piles de forme régulière ; on les relie ensemble par groupes de dix au plus, qui se manient à la fois. On peut charger la pile de métaux oxydables pour plusieurs mois, il ne reste qu'à renouveler à temps le liquide ; pour cela on prend un groupe d'éléments, on le trempe dans l'eau pure, on retire, on fait couler, puis on le trempe dans un réservoir rempli de solution de chlorure de calcium ; le corps spongieux s'imbibe, on laisse écouler l'excès et l'on remet en place.

Cette opération simple ne demande à être faite que très rarement si la pile est employée à un travail tel que sonneries, télégraphes ; si l'on utilise son courant pour la lumière ou la force mécanique, la manœuvre devra être opérée toutes les vingt-quatre ou quarante-huit heures.

Nous ferons remarquer que cette pile ne travaille pas lorsqu'on n'utilise pas son courant, qu'elle ne donne pas d'odeur ;

Qu'elle utilise les courants locaux qui sont si nuisibles dans les piles ordinaires ; enfin et surtout ;

Qu'elle donne l'énergie électrique à très bas prix. En effet, on emploie dans cette pile les métaux à l'état de déchet, limailles, rognures.

Si nous supposons qu'on fasse usage du fer, on sait que, pour obtenir un cheval-heure électrique, il faut consommer 850gr de métal ; or les rogures de fer valent environ 0f,05 le kilogramme, soit donc environ 0f,04 de ce chef ; quant au chlorure de calcium, il n'a aucune valeur.

On peut donc affirmer que cette pile donne une énergie de 1 cheval-heure pour une dépense de 0f,05.

(*Comptes rendus.*)

M. Jamin a présenté à l'Académie des sciences, un dispositif de pile imaginé par M. Jablochkoff ; nous complétons ici par des détails de pratique l'exposé qu'en a fait le secrétaire de l'Académie et qu'on vient de lire ci-dessus.

La pile dont il est question est mixte, c'est-à-dire qu'elle fonctionne tantôt comme pile primaire et tantôt comme

secondaire. C'est le courant secondaire ou de polarisation qui seul est utilisé extérieurement pour les usages auxquels la pile est destinée : sonneries, téléphones, signaux, lumière, etc.

La pile primaire ne sert ici qu'à produire l'hydrogène nécessaire à la polarisation des électrodes; son fonctionnement s'arrête dès que cette polarisation est atteinte, pour reprendre cependant aussitôt que, par la fermeture du circuit extérieur, on permet à la dépolarisation de se produire, par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène emprunté à l'air, et qui est emmagasiné dans les pores d'une des électrodes de charbon, dont la disposition est telle que, par la circulation de l'air, cette quantité de gaz se renouvelle constamment.

Voici le dispositif qui permet d'obtenir ces deux résultats successifs ; il a le grand mérite d'être aussi simple que possible et d'un montage également très facile :

Dans une cuvette carrée, en charbon aggloméré et rendu imperméable aux liquides par une immersion préalable dans un bain de paraffine, on place, en contact direct avec le charbon, des rognures ou des limailles de fer ou de zinc, on recouvre cette cuvette et le métal qu'elle contient par des morceaux de toile d'emballage, coupés aux dimensions de la cuvette.

Cette toile sert simplement de récipient au liquide, qui, dans la pile actuelle, est du chlorure de calcium.

Par-dessus cette toile on place une sorte de grille de charbon formée par l'assemblage de tubes très poreux, maintenus ensemble par des petites cordelettes.

Les dimensions de la pile sont les suivantes : 1 décimètre carré pour la surface de la cuvette et 25 millimètres de hauteur totale ; de sorte que 4 éléments l'un sur l'autre sont contenus dans un décimètre cube.

La force électromotrice initiale de cette pile varie entre 1,85 et 1,79 volt pour le zinc, et entre 1,24 et 1,28 volt pour le fer; la résistance intérieure est de 0,25 à 0,33 ohm.

Ces chiffres, bien que paraissant élevés, sont cependant vrais : les mesures ont été faites dans trois endroits différents avec tous les soins possibles et les chiffres ont été trouvés exacts, l'une des mesures ayant été faite en notre présence.

Cependant l'inventeur a communiqué à M. Jamin des chiffres moindres; il a donné pour le zinc 1,60 volt et pour le fer 1,10 volt, ceci en prévision d'un mauvais montage ou de changements dans la nature du liquide.

La concordance des résultats permet cependant de s'en tenir aux premiers chiffres que nous donnons plus haut.

A l'état de repos, c'est-à-dire lorsque le circuit extérieur est ouvert, le métal attaque la solution de chlorure de calcium en mettant de l'hydrogène en liberté; ce gaz, ne se trouvant en présence d'aucun dépolarisant, s'accumule sur le charbon de la cuvette; à ce moment la pile primaire devient inactive, l'accumulation est faite, la pile secondaire est en état de fonctionner.

Le métal et le charbon de la cuvette qui formaient les deux pôles d'un couple fermé sur lui-même ne constituent plus à ce moment qu'un seul et unique pôle, qui devient le négatif lors du fonctionnement de la pile, la grille de charbon formant électrode positive. Si nous fermons le circuit en reliant la cuvette avec la grille par un conducteur quelconque, l'oxyène contenu dans les pores des tubes de charbon, et qui, comme nous l'avons dit plus avant, est emprunté à l'air ambiant, se combine par suite de son état de division avec l'hydrogène, dépolarisant ainsi le charbon négatif et permettant une nouvelle formation d'hydrogène.

Lorsque la pile travaille sur un circuit très résistant, l'équilibre entre la production d'un gaz et le renouvellement de l'autre se produit, elle fonctionne alors d'une façon constante; mais si, au contraire, la résistance extérieure est faible, la pile devant débiter beaucoup, l'équilibre ne peut s'établir et la pile doit être mise au repos pendant un temps plus ou moins long.

Le montage de ces éléments se fait d'une façon très simple: on les place les uns au-dessus des autres comme les éléments d'une pile Volta.

Pour l'usage, ils sont montés par 10 éléments dans un cadre vertical, formé de quatre montants en fer émaillé, forme cornière; une plaque métallique au bas et une seconde en haut serrée sur les éléments par une vis de pression servent de rhéophores.

La mise en marche se fait en trempant pendant quelques instants la pile dans une solution neutre de chlorure, obtenue par la dissolution du carbonate de chaux — craie, marbre ou autre calcaire — dans l'acide chlorhydrique du commerce étendu d'eau; on décante après dépôt des produits insolubles; on laisse le temps suffisant pour permettre l'imbibition complète de la toile.

Le chlorure étant très hygrométrique, la toile est toujours dans un état d'humidité satisfaisant.

Le nettoyage pour le renouvellement du liquide se fait en trempant et agitant les éléments dans l'eau pure sans les démonter et en les trempant dans le chlorure après les avoir égouttés.

Cette pile, ainsi qu'on le voit, est très simple, peu coûteuse, les métaux dont on se sert étant des déchets de valeur minime.

D'après les expériences de Niaudet et d'autres personnes, le fer dépensé par cheval-heure est de 850 grammes, ce qui, au prix où l'on vend des déchets de fer abaisse le coût du cheval-heure à une somme insignifiante.

Nous savons que l'inventeur combine en ce moment un dispositif de pile médicale, tenant très peu de place et mettant cependant à la disposition un courant d'une trentaine de volts avec un débit de plusieurs ampères; les métaux attaqués sont ici remplacés par des amalgames de sodium ou autres.

(*Électricien.*)

Suppression des vapeurs nitreuses de la pile de Bunsen et une nouvelle pile se dépolarisant par l'air.

Note de M. A. d'Arsonval.

La suppression des vapeurs nitreuses dans l'élément Bunsen a préoccupé plusieurs inventeurs. Dans une note récente, M. A. Dupré propose d'ajouter à l'acide azotique du bichro-

mate de potasse pour atteindre ce but (*). Cette remarque avait déjà été faite par Ruhmkorff qui me l'a communiquée personnellement en 1869. Le célèbre constructeur ne manquait jamais d'indiquer cette recette à ses clients, et l'un d'eux, M. Ernest Saint-Edme l'a même publiée dans les termes suivants en 1871 (**) :

« M. Ruhmkorff nous a indiqué un procédé qui neutralise « les émanations de vapeurs hyponitriques. Ce procédé con- « siste à filtrer l'acide nitrique sur des cristaux de bichromate « de potasse. La force électromotrice ne change pas et les « émanations cessent. »

J'ai employé maintes fois ce moyen qui réussit bien pendant les premières heures, surtout si l'on ne demande pas à la pile un courant trop intense. Les vapeurs nitreuses reparaissent, moins abondantes il est vrai, à mesure que la pile fonctionne. Cela se comprend très bien : tant qu'il existe de l'acide chromique, ce corps oxyde les vapeurs nitreuses jusqu'au moment où il est transformé en azotate de chrome. A partir de ce moment, la pile fonctionne comme une pile à acide azotique dilué.

Le sel de chrome provenant de la réduction de l'acide chromique n'agit pas pour absorber le bioxyde d'azote, cette propriété appartenant seulement, comme l'a montré M. Péligot, aux sels de protoxyde. En substituant l'acide azotique à l'acide sulfurique dans le mélange de Poggendorff, on diminue le coefficient de dépolarisation du liquide. De plus, la présence de l'acide azotique présente le double inconvénient de répandre des vapeurs acides et d'attaquer le zinc à circuit ouvert, ce qui n'a pas lieu avec le liquide de Poggendorff (bichromate et acide sulfurique), surtout en adoptant la disposition de M. Füller (zinc au centre, trempant dans un peu de mercure). Ce genre de piles est absolument inodore, travaille très peu à circuit ouvert, surtout si l'on a soin de purifier l'acide sulfurique avec l'huile, comme je l'ai indiqué.

En 1880, au cours des recherches citées plus bas, j'ai em-

(*) V. *Annales télégraphiques*, janvier-février 1885.

(**) *L'électricité appliquée aux arts mécaniques, à la marine, au théâtre*, p. 14; par Ernest Saint-Edme. Paris, Gauthier-Villars, éditeur; 1871.

ployé, pour supprimer les vapeurs nitreuses, un moyen très efficace, mais peu pratique, et que pour cette raison je n'ai pas signalé dans mon travail.

Ce moyen consiste à ajouter de l'urée à l'acide azotique. En présence des vapeurs nitreuses, la décomposition de l'urée a lieu et il se dégage de l'azote et de l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'eau se combinant avec l'acide azotique en excès. Le même effet se produit si l'on étend l'acide azotique avec l'urine. Dans ce dernier cas, la décomposition, par suite de la présence du mucus, s'accompagne d'une grande quantité de mousse, mais la suppression des vapeurs nitreuses est absolue comme avec l'urée pure.

Le principal inconvénient, au point de vue industriel, de la pile Bunsen n'est peut-être pas tant dans les vapeurs nitreuses qu'elle dégage, mais plutôt dans le véritable gaspillage d'acide azotique auquel elle donne lieu. Dans une série de recherches sur les piles (*), j'ai montré que l'élément Bunsen n'utilisait pour la dépolarisation qu'environ 130 grammes par kilogramme d'acide et que le poids d'acide dépensé s'élevait en moyenne au décuple du zinc brûlé quand on demande à la pile son travail maximum. J'ai indiqué à ce propos différents moyens, devenus industriels, d'utiliser, pour la dépolarisation, tout l'acide azotique en supprimant presque complètement les émanations nitreuses. Je renvoie pour les détails aux publications indiquées en note. Dans toutes les piles à dépolarisant, ce qui coûte cher, c'est surtout le dépolarisant; le zinc n'entre que pour un prix minime, relativement, dans la dépense de ces électromoteurs.

J'ai fait plusieurs essais pour arriver à puiser dans l'air, par un procédé indirect, un dépolarisant qui ne coûte rien : l'oxygène. Voici jusqu'à présent le procédé qui m'a donné le meilleur résultat : dans un élément Bunsen plat, je remplace l'acide azotique entourant le charbon par une solution de bichlorure de cuivre dans l'acide chlorhydrique. A circuit ouvert, l'élément a une force électromotrice de $1^{volt},5$ environ.

(*) Voir *La lumière électrique; Recherches sur les piles*, 1881; Hospitalier, *Formulaire pratique de l'électricien;* Hippolyte Fontaine, *l'Électrolyse*, etc.

Quand on ferme le circuit, on obtient un courant de 8 à 12 ampères, avec l'élément plat modèle de Ruhmkorff. La solution cuivrique est décomposée, le cuivre se dépose sur la lame de charbon, mais il ne peut y rester. En présence de l'acide chlorhydrique et de l'air, ce cuivre se redissout presque instantanément. On rend la dissolution encore plus rapide, soit en augmentant la surface de la lame de charbon, soit en insufflant un peu d'air dans le vase poreux.

On voit que dans cette combinaison le chlorure de cuivre régénère constamment et qu'enfin de compte c'est l'oxygène de l'air qui sert de dépolarisant. Je me contente de signaler aujourd'hui cette combinaison pour prendre date; je ferai connaître ultérieurement à l'Académie le dispositif qui m'aura le mieux réussi.

(*Comptes rendus.*)

Pile à acide azotique et bichromate de potasse.

J'ai lu avec intérêt, dans le numéro de l'*Électricien* en date du 25 avril, un article sur la pile de M. Dupré présenté à l'Académie des sciences par M. Friedel.

Il y a une dizaine d'années environ que j'ai essayé d'employer des liquides dont la composition chimique est tout à fait analogue à celle dont parle M. Dupré. Depuis ce temps, j'ai complété mes recherches et je crois intéressant pour vos lecteurs et pour M. Dupré lui-même de vous envoyer quelques renseignements complémentaires concernant cette question.

Jusqu'ici je n'avais pas livré à la publicité les résultats que j'ai obtenus avec des liquides dépolarisants, composés d'acide chromique, ou bichromates alcalins quelconques, car il y a longtemps que ces liquides sont connus et employés. Au cours de diverses publications scientifiques déjà anciennes, on peut lire que l'addition de cristaux de bichromate de potasse à l'acide azotique des piles Bunsen supprime le dégagement des vapeurs nitreuses; du reste, depuis longtemps je construis et

livre au commerce des piles servant à l'éclairage électrique et dont le liquide dépolarisant n'est autre qu'une dissolution aqueuse de bichromate de potasse acidulée avec de l'acide azotique. Le liquide excitateur est de l'eau additionnée d'un quinzième de son poids d'acide sulfurique et d'une faible quantité de bisulfate de mercure. Un élément ainsi chargé donne $2^{\text{volts}},2$; sa résistance intérieure est très faible vu sa construction spéciale, son débit est très constant, il ne dégage aucune trace de vapeurs nitreuses, et l'électrode zinc peut rester constamment immergé dans le liquide excitateur sans s'user sensiblement en circuit ouvert. Les expériences de M. Dupré réussiront certainement, puisque le résultat qu'il cherche est depuis longtemps atteint.

Quant à l'explication qu'il donne au sujet de la disparition des vapeurs nitreuses, elle est incomplète et je ne la crois pas parfaitement exacte; l'acide hypoazotique, ou le bioxyde d'azote, ne se dissout pas dans l'acide chromique; il emprunte à celui-ci, pendant l'électrolyse, l'oxygène qui lui est nécessaire pour se transformer en acide azotique et se porte ensuite sur le sesquioxyde de chrome réduit par électrolyse, formant un azotate de chrome, qui, traité par l'ammoniaque après complet épuisement de la pile, se transforme en azotate d'ammoniaque et en oxyde de chrome appartenant à la variété allotropique violette.

Voilà, selon moi, comment la réaction s'opère.

(*L'Électricien.*) L. Desruelles.

Filtrage électrique des eaux d'égout.

Tout récemment le docteur Dobell conseillait, dans *le Times*, de détruire les germes malsains renfermés dans l'eau potable en faisant passer dans cette eau un courant électrique; l'action désinfectante serait due à l'oxygène naissant. La même idée semble avoir été conçue par le docteur Stephen Emmens. Son filtre électrique se compose d'un récipient en verre dans lequel sont placés des vases poreux; ces vases contiennent

de la houille ou du fer spongieux, et des plaques de charbon qui sont reliées au pôle positif d'une batterie Leclanché ; ils sont séparés les uns des autres par d'autres plaques de charbon qui communiquent avec le pôle négatif de la pile. L'eau arrive dans les vases poreux, traverse la houille ou le fer et s'écoule du récipient extérieur.

Le docteur Emmens prétend, comme le docteur Dobell, que l'oxygène naissant détruit tous les germes qui pourraient rendre l'eau dangereuse. Cette invention serait, en outre, applicable à la purification des eaux d'égout. Dans ce but, les filtres auraient la forme d'une conduite, divisée par des cloisons en une série d'éléments que les eaux traverseraient successivement. Les électrodes seraient des cages de bois alternativement remplies de morceaux de fer et de coke. Dans cette disposition, la pile primaire n'est plus nécessaire, car la conduite elle-même constitue une puissante batterie dont le courant est plus que suffisant.

(*Génie civil.*)

Le Gérant : DUNOD. — Imprimerie C. Marpon et E. Flammarion, 26, rue Racine.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 Mai-Juin

INFLUENCE DES ORAGES

SUR LES LIGNES SOUTERRAINES

Lorsqu'on a commencé, il y a quelques années, la construction des grandes lignes souterraines qui relient actuellement les principales villes, tant en France qu'en Allemagne, on pensait que les fils conducteurs de ces lignes seraient complètement à l'abri des influences de l'électricité atmosphérique. Ces conducteurs, isolés par plusieurs couches de gutta-percha et réunis en câbles, sont, en effet, protégés par une armature métallique ou par un tuyau continu de fonte; or, on sait que des corps entourés complètement d'une enveloppe métallique en relation avec la terre restent à l'état neutre, quel que soit l'état électrique à l'extérieur. Une masse électrique située dans le voisinage produit une charge sur la surface enveloppante, dont le potentiel reste nul par suite de sa communication avec le sol, mais elle n'exerce aucune influence sur les con-

ducteurs intérieurs et ne modifie en rien leur état électrique.

On a cependant constaté que par les temps d'orage les fils des lignes souterraines donnent quelquefois lieu, au moment des éclairs, à des décharges électriques qui, en traversant les paratonnerres et les appareils des postes télégraphiques, produisent, bien qu'à un degré moindre, les effets ordinaires que l'on observe lorsque les conducteurs sont aériens : étincelles, fusion des fils fins des paratonnerres, etc.

Ces effets ont été signalés à diverses reprises, notamment dans un article des *Archiv für Post und Telegraphie* (septembre 1883), où il est surtout fait mention de décharges qui se sont produites plusieurs fois dans les postes des forts de Strasbourg, desservis par des lignes souterraines. M. Massin, sous-ingénieur des télégraphes, a également appelé l'attention de l'administration sur des décharges qui auraient produit simultanément des étincelles, le 9 mars dernier, dans les deux bureaux de Belfort et de Besançon, en communication par un fil souterrain, pendant qu'un violent orage sévissait à peu près au milieu de la ligne.

Suivant l'auteur de l'article des *Archiv für Post und Telegraphie*, le fil conducteur d'une ligne souterraine prendrait, en même temps que l'armature extérieure, une charge électrique contraire à celle des nuages orageux, qui, devenant libre au moment d'une décharge atmosphérique, s'écoulerait dans le sol par les extrémités du fil s'il n'a qu'une faible longueur, et serait neutralisée en partie sur les longues lignes par le fluide contraire accumulé à une distance plus ou moins grande des nuages électrisés. Cette explication ne peut être

admise puisque, comme nous l'avons rappelé plus haut, un conducteur entouré d'une armature métallique ne peut être influencé par une charge extérieure. D'un autre côté, M. Massin attribue les effets observés dans les postes télégraphiques à un courant instantané d'induction dû à l'écoulement partiel de la charge électrique le long de l'armature, explication qui ne paraît pas suffisante, car la décharge ayant lieu dans les deux directions opposées, il doit se produire deux courants induits de sens contraires qui se détruisent en grande partie.

Il faut, croyons-nous, chercher ailleurs la cause du phénomène.

Considérons en premier lieu un conducteur revêtu seulement d'une ou plusieurs couches isolantes de gutta-percha, placé à une faible profondeur dans un terrain sec et par conséquent peu conducteur. Il prend, comme un fil aérien, sous l'influence des nuages orageux, de l'électricité contraire, et sa charge, s'opérant lentement en général, ne donne lieu qu'à des courants très faibles, insensibles aux appareils. Au moment où se produit un éclair, cette électricité devenant subitement libre, du moins en partie, suit le conducteur et se rend à la terre à travers les paratonnerres et les appareils des postes extrêmes, où se produisent les effets connus. Le fluide, en se répandant dans le conducteur, perd une partie de son énergie ; aussi la décharge est-elle d'autant plus faible que l'orage qui en est la cause est plus éloigné.

L'effet est en somme le même que pour les lignes aériennes. La quantité d'électricité accumulée sur un conducteur souterrain est sans doute moindre que celle

qui serait prise par un fil aérien parallèle, en raison de son plus grand éloignement des nuages et de l'influence du sol environnant; mais comme d'un autre côté la décharge ne peut s'effectuer partiellement par les isolateurs, on comprend qu'elle puisse agir aussi vivement sur les appareils des postes extrêmes.

En second lieu, considérons un fil recouvert de gutta-percha placé dans un milieu bon conducteur, comme cela a lieu pour les câbles sous-marins, que l'âme soit ou non revêtue d'une armature protectrice.

Les nuages orageux produisent par influence une charge électrique qui se porte entièrement à la surface de la mer et le fil télégraphique reste à l'état neutre, aussi bien que son armature métallique.

Au moment où, à la suite d'un éclair, l'électricité devient libre à la surface de la mer, elle se dissipe instantanément en raison de la bonne conductibilité de l'immense masse d'eau qui entoure le câble, et disparaît sans avoir d'influence sensible sur le conducteur. On ne constate, en effet, aucune action perturbatrice des orages lointains dans les bureaux en relation avec les lignes sous-marines, malgré la sensibilité des appareils employés.

Les orages qui éclatent entre les points d'atterrissement des câbles et les postes télégraphiques sont seuls à craindre, et, pour mettre les fils sous-marins à l'abri, on a soin de placer des paratonnerres aux points de jonction des lignes terrestres et des lignes sous-marines.

Examinons enfin le cas des lignes souterraines ordinaires, formées de conducteurs isolés, entourés d'une armature protectrice en fer ou en fonte.

Si le terrain qui entoure le câble est bon conducteur, les choses, pendant les orages, se passent comme pour les lignes sous-marines, et le conducteur est à l'abri de l'influence des décharges d'électricité atmosphérique; c'est ce qui a lieu le plus souvent. Ainsi les orages qui éclatent dans l'intérieur des villes, où les lignes télégraphiques sont protégées par les maisons et par les tuyaux de conduite d'eau ou de gaz, n'ont aucune influence sur les transmissions télégraphiques.

Mais il en est autrement si le terrain est peu conducteur, ainsi que cela a souvent lieu dans la campagne surtout par les temps secs, les plus favorables aux orages.

Sous l'influence des nuages orageux, et alors que le conducteur intérieur reste à l'état neutre, l'armature extérieure prend une charge électrique plus ou moins considérable qui devient partiellement libre au moment où éclate la foudre. Cette charge prend subitement un potentiel élevé avant de s'écouler dans le sol et suit l'armature métallique pendant un instant dans les deux directions opposées.

Deux effets doivent se produire :

Un effet d'induction électro-dynamique, tenant à ce que la charge extérieure en s'écoulant par l'armature développe dans le fil intérieur deux forces électromotrices d'induction et, par suite, deux courants de sens opposés, dont la différence réagit sur les appareils des postes extrêmes. L'effet qui en résulte est probablement assez faible, comme nous l'avons dit plus haut, car les deux courants induits doivent avoir des intensités à peu près égales et de plus ils ne peuvent atteindre une grande intensité.

Un second effet doit être produit par l'induction électro-statique. Au moment où les nuages se déchargent, l'électricité de l'enveloppe conductrice extérieure ne disparaît pas instantanément en raison de la résistance de l'armature et de la faible conductibilité du terrain; l'équilibre électrique cessant d'exister, le potentiel de l'enveloppe s'accroît brusquement pendant un instant, si court qu'il soit. Son fluide électrique réagit sur le conducteur qui se charge d'électricité contraire par les points de communication avec le sol, c'est-à-dire par l'intermédiaire des appareils que le fil met en communicatiou.

Cette charge, en s'écoulant ensuite par la même voie, doit donner lieu à deux courants de sens opposés qui suivent les premiers de très près, et se confondent avec eux si la décharge de l'armature est à peu près instantanée.

C'est surtout à ces courants dus à l'action électro-statique que doivent être attribués, croyons-nous, les effets constatés sur les lignes souterraines pendant les orages; ils doivent varier d'intensité avec la conductibilité du terrain aux environs des points où se manifestent les perturbations atmosphériques.

Ces effets pourraient être évités ou tout au moins diminués, semble-t-il, en rendant aussi bonne que possible la communication de l'armature avec le sol, ce qu'on peut faire en diminuant sa résistance dans les endroits secs, au moyen de fils de fer ou de plaques métalliques augmentant l'étendue des points de contact avec la terre.

E.-E. Blavier.

ÉTUDE SUR LA TÉLÉPHONIE

(Suite et fin.)

OBSERVATIONS SUR LES TRANSMISSIONS TÉLÉPHONIQUES.

Sensibilité du téléphone.

On entend par la sensibilité du téléphone, la propriété merveilleuse que possède cet appareil de produire, sous l'influence de courants électriques d'une énergie infinitésimale, des bruits et des sons perceptibles à l'oreille.

Essayons de donner une idée du degré infini de cette sensibilité.

Si l'on relie (*fig.* 68), à une plaque de terre T, l'une

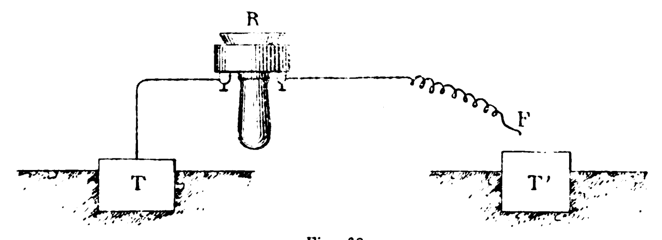


Fig. 68.

des bornes d'un téléphone R, et que, avec un fil F attaché à l'autre borne du téléphone, on touche une autre plaque de terre T', on entend un léger bruit dans le téléphone. Lorsque l'on rompt le contact du fil F avec la plaque T' on entend dans le téléphone un bruit un peu plus fort que celui qui se produit au moment où on établit le contact.

Ces bruits, observés successivement, sont évidemment causés par un courant électrique qui s'établit entre les deux plaques T et T' par le contact du fil F sur la plaque T', et qui est ensuite supprimé par la rupture de ce contact.

Si les plaques T et T' étaient métalliques, et surtout de métal différent, le courant pourrait provenir d'actions chimiques et avoir une certaine puissance. Aussi, une expérience faite dans ces conditions ne serait pas concluante.

Mais les résultats indiqués plus haut ont été obtenus en prenant, pour plaques T et T', deux lames de charbon plantées dans la terre à des distances différentes variant de 20 mètres à 30 centimètres. Il est donc permis de croire que l'on se trouvait en présence d'un courant purement tellurique; mais, quelle que soit d'ailleurs sa nature, son peu d'énergie était telle que, en substituant au téléphone R un galvanomètre très sensible, celui-ci n'accusait aucune déviation sous l'influence de ce courant.

Une expérience analogue a été faite sur une ligne télégraphique d'environ 18 kilomètres entre Provins et

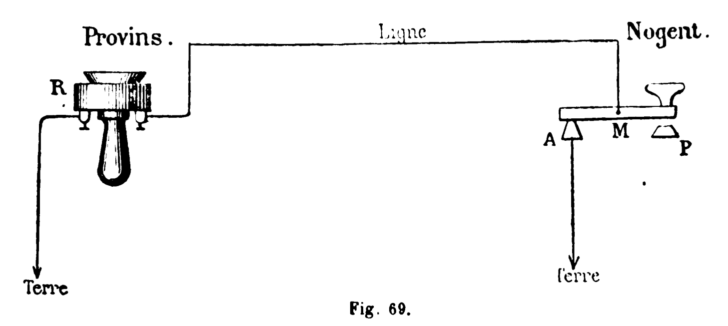


Fig. 69.

Nogent-sur-Seine. La figure 69 représente l'installation des appareils dans les deux postes.

Au poste de Nogent, la ligne était reliée au levier M d'un manipulateur Morse dont l'enclume A était en communication avec la terre.

Au poste de Provins, un téléphone avait une de ses bornes mise à la terre et l'autre reliée à la ligne. En substituant au téléphone un galvanomètre très sensible il n'accusait ancune déviation.

Chaque rupture du circuit, faite au poste de Nogent en appuyant sur le manipulateur, produisait, dans le téléphone de Provins, un léger son qui, bien que faible, pouvait être comparé à celui que produit, sur sa vis inférieure de contact, le levier d'un appareil Morse au moment ou l'armature est attirée. Quand on rétablissait le circuit en laissant relever le levier du manipulateur de Nogent, le téléphone de Provins rendait un son plus faible que le premier et qui, par analogie, pouvait être comparé à celui que produit, sur sa vis supérieure de contact, le levier d'un appareil Morse lorsque l'armature cesse d'être attirée.

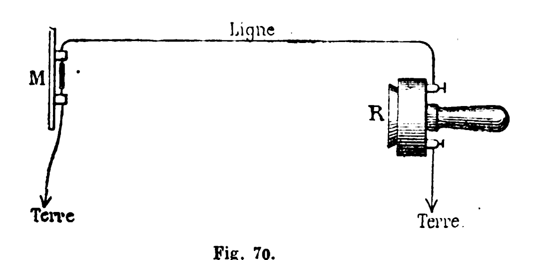


Fig. 70.

De cette manière, une dépêche transmise en signaux Morse du bureau de Nogent a été lue au son sur le téléphone par l'agent du bureau de Provins qui l'a collationnée entièrement ensuite par l'appareil Morse.

La figure 70 montre un dispositif qui permet de trans-

mettre sans pile la parole sur un téléphone R au moyen d'un simple transmetteur à charbon ou microphone M.

Dans ce cas on doit opérer sur une ligne courte. La voix ainsi transmise est perçue nettement mais faiblement sur le récepteur R.

On peut conclure de ces diverses expériences que, si le téléphone fonctionne sous l'influence d'actions électriques aussi faibles, on doit pouvoir transmettre à des distances considérables lorsqu'on se sert de transmetteurs à pile avec bobine d'induction qui mettent en mouvement des courants d'une énergie relativement plus grande. C'est, en effet, ce qui a lieu dans les expériences de cabinet.

On peut interposer dans un circuit local une résistance équivalant à plusieurs mille kilomètres de lignes télégraphiques sans que la transmission téléphonique cesse d'être entendue.

Mais, sur des lignes réelles, les choses ne se passent pas ainsi.

Effets de l'induction réciproque des fils de ligne et des courants dérivés.

L'un des principaux obstacles que l'on rencontre dans les transmissions téléphoniques, et l'un des premiers que l'on ait constatés, provient de l'induction réciproque des fils de ligne voisins les uns des autres sur tout ou partie de leur parcours.

En raison même de la sensibilité du téléphone, si l'on place cet appareil sur un fil qui ait un parcours commun avec d'autres, on entend toutes les transmissions télégraphiques ou téléphoniques faites sur ces derniers.

On sait que quand un courant électrique est envoyé

sur un fil il détermine dans tous les fils voisins un flux électrique de sens contraire au sien; et, lorsqu'on interrompt ce courant, les fils voisins sont parcourus par un flux électrique de même sens que le courant.

Ces effets sont évidemment réciproques pour tous les fils voisins et ce sont ces différentes réactions qui troublent les transmissions téléphoniques sans cependant les éteindre si les lignes ne sont ni trop longues ni trop nombreuses.

Dans son ouvrage sur le téléphone, le comte du Moncel relate le fait suivant qui lui était signalé dès 1877 ou 1878 à l'époque des premières installations téléphoniques :

« A l'école d'artillerie de Clermont, on a établi à titre d'expérience une communication téléphonique entre cette école et le champ de tir, qui est à une distance de 14 kilomètres. Une autre communication du même genre est établie entre l'observatoire de Clermont et celui du Puy-de-Dôme, à 15 kilomètres de distance. Ces deux lignes sont supportées par les mêmes poteaux, sur un parcours de 10 kilomètres, et dans ce trajet, se trouve sur ces poteaux un fil télégraphique ordinaire. Enfin, dans cet espace, les poteaux, pendant 300 mètres, supportent aussi sept autres fils télégraphiques. Les deux fils téléphoniques sont d'ailleurs éloignés de 85 centimètres l'un de l'autre.

« Dans ces conditions on a constaté :

« 1° Que le téléphone de l'école lit très bien, par le son, sur les deux fils qui l'avoisinent les dépêches Morse qui passent dans le fil télégraphique; mais que la transmission Morse n'empêche pas le passage ni l'audition de la communication verbale par téléphone;

« 2° Que les deux lignes téléphoniques voisines, quoique ne se touchant pas, et sans communication entre

elles, mélangent cependant leurs dépêches, et il est arrivé qu'on a pu entendre à l'école, par le fil venant du champ de tir, des dépêches du Puy-de-Dôme, et qu'on a pu y répondre, sans que nulle part la distance entre les fils des deux lignes fût moindre que 85 centimètres.

« On a pu remédier un peu à ces inconvénients en interposant dans le circuit de fortes résistances, ou en établissant des dérivations à la terre à une certaine distance des postes téléphoniques. »

En outre des transmissions étrangères entendues sur le téléphone et qui proviennent de l'induction des fils voisins, on peut en entendre d'autres qui se passent sur des fils très éloignés et qui arrivent au téléphone par suite de dérivation par la terre d'une partie des courants; surtout si ceux-ci rencontrent dans le sol des conducteurs métalliques tels que les fils télégraphiques de terre, les conduites d'eau ou de gaz. En voici un exemple tiré d'une note adressée à l'Académie des sciences le 13 mai 1878, par M. Izarn, professeur de physique au lycée de Clermont :

« J'ai installé au lycée de Clermont un téléphone sur un fil unique d'une cinquantaine de mètres, qui, traversant la grande cour du lycée, va du laboratoire de physique où il s'accroche à un bec de gaz, à une pièce placée près de la loge du concierge où il s'accroche à un autre bec de gaz. En appliquant l'oreille au téléphone, j'entends très nettement les signaux télégraphiques Morse ou autres qui proviennent soit du bureau télégraphique de Clermont, soit du bureau téléphonique fonctionnant entre l'école d'artillerie de Clermont et le polygone de tir, établi à 14 kilomètres de la ville au pied du Puy-de-Dôme. J'entends même des paroles et surtout des commandements militaires émis dans le téléphone du

polygone et destinés à être entendus à l'école. Or mon fil est absolument indépendant de ceux où circulent ces signaux; il en est même très éloigné; mais comme les prises de terre du bureau télégraphique et de l'école d'artillerie se font à une petite distance des tuyaux de gaz, il n'est pas douteux que le phénomène ne soit dû à une dérivation du courant produite à travers mon fil par l'intermédiaire du sol et du réseau métallique des tuyaux. »

Des moyens de combattre les effets d'induction.

Bien des moyens ont été proposés pour combattre les effets d'induction. Parmi les plus ingénieux et qui semblaient tout d'abord devoir donner d'excellents résultats, il faut citer le système imaginé par M. Hughes.

Pour l'expliquer, considérons deux bobines B et B′ (*fig.* 71), courtes et d'un diamètre relativement grand,

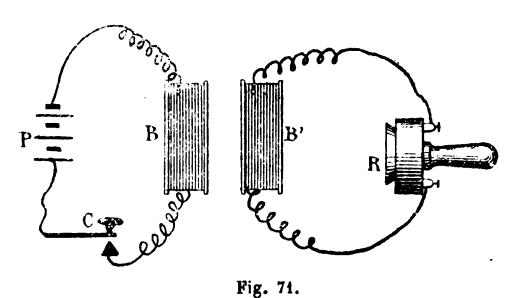


Fig. 71.

placées dans le prolongement l'une de l'autre. Un téléphone R est interposé dans le circuit de la bobine B′. Si, au moyen de la clé C, on ferme ou on interrompt le courant de la pile P dans la bobine B, on entend dans le téléphone R des bruits caractéristiques qui correspondent à ces émissions et interruptions de courant. Il

est facile en effet de se rendre compte que la bobine B est, dans ce cas, un circuit inducteur, et, la bobine B′, un circuit induit. Ces courants qui agissent sur le téléphone sont donc des courants d'induction et d'autant plus intenses que les bobines sont plus rapprochées.

Supposons maintenant deux lignes parallèles, A et E (*fig.* 72), à préserver des effets de leur induction réciproque. M. Hughes place aux deux extrémités de chaque ligne une bobine semblable à celles qui viennent d'être décrites (*fig.* 71) et qui sont représentées (*fig.* 72) par les spirales B et B′ enroulées en sens contraire.

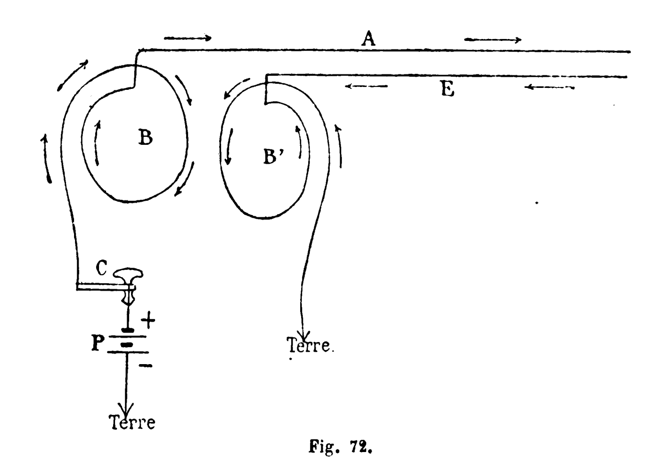


Fig. 72.

De cette façon, si, au moyen de la clé C, on envoie, sur la ligne A, un courant circulant dans le sens des flèches en B et en A, la bobine B induit la bobine B′, en raison de l'enroulement, dans le sens des flèches représentées autour de B; et la ligne A induit la ligne E dans le sens des flèches représentées le long de celle-ci.

Or si nous suivons le sens des flèches en B′ et en E, nous voyons que le courant induit de la bobine B′ marche

en sens contraire de celui de la ligne E ; par conséquent ces courants s'annulent. Mais il peut arriver que le courant induit de la ligne soit plus intense que celui de la bobine ou inversement. On remédie à cet inconvénient en proportionnant le nombre des spires des bobines à la longueur de la ligne et, après avoir placé un téléphone dans le circuit, on éloigne ou on rapproche convenablement l'une de l'autre les deux bobines B et B', jusqu'à ce que les bruits aient disparu.

Dans ces conditions, les lignes sont compensées ; elles ne s'induisent plus, ou, pour mieux dire, les effets de l'induction s'annulent eux-mêmes.

L'inventeur pensait que l'on pourrait ainsi, au moyen d'un nombre égal de bobines et d'un commutateur convenable, rendre un nombre quelconque de lignes indépendantes les unes des autres. Mais les expériences ne sont pas venues confirmer cette espérance. Il est évident que, d'après la loi de la propagation des courants sur les lignes, les moments de l'induction des bobines et des lignes ne peuvent coïncider exactement pendant toute leur durée et, quelque minime que soit cette différence de temps, elle est suffisante pour faire rendre un bruit au téléphone. En supposant d'ailleurs la possibilité d'une compensation rigoureusement exacte, ce système ne pourrait s'appliquer qu'à des lignes ayant toutes un point commun d'origine ou de destination, ce qui n'est pas le cas dans les réseaux téléphoniques et télégraphiques.

M. Edison imagina aussi un système qui consistait à introduire dans la ligne à protéger autant d'électro-aimants qu'il y avait d'autres lignes et, dans chacune de celles-ci, on introduisait un électro-aimant de sens contraire à ceux de la première. Chacun des électro-

inducteurs était placé en regard d'un des électro-aimants de la ligne à préserver, et leur distance comme leur longueur de fil étaient réglées de façon à produire un courant induit exactement égal et de sens contraire à celui qui naissait du parallélisme des lignes. Ce système, beaucoup plus compliqué que celui de M. Hughes, n'a jamais pu donner les résultats qu'attendait l'inventeur.

Parmi les autres systèmes imaginés pour la suppression des effets d'induction nous en signalerons encore un qui, comme les deux précédents, n'a pas donné sur les lignes de bons résultats, bien qu'il paraisse rationnel et que les expériences de cabinet aient été satisfaisantes.

Il est basé sur un principe analogue à celui qui a donné lieu à l'application des paratonnerres à pointes dans la télégraphie. Il s'agissait alors de laisser s'écouler à la terre les courants atmosphériques qui se manifestent inopinément sur les lignes, sans occasionner de dérivation aux courants télégraphiques qui circulent sur celles-ci. La solution du problème était facile; on se trouvait en présence de courants d'un caractère bien différent, les premiers ayant une haute tension et pouvant s'échapper par les pointes à travers l'air, les autres ayant une tension assez grande pour leur permettre de passer à travers la résistance de la ligne, mais beaucoup trop faible pour leur permettre de s'échapper par les pointes. Il a donc suffi de placer à l'entrée de chaque appareil un paratonnerre à pointes, en dérivation sur chaque ligne, pour obtenir une protection efficace dans la plupart des cas.

Les courants d'induction observés sur les lignes par le téléphone ont une tension relativement faible et si l'on interpose (*fig.* 73) un paratonnerre à pointes P entre la terre et un téléphone R en relation avec une ligne sujette

à induction, les effets de celle-ci ne se manifestent plus sur le téléphone. Dans ces conditions, pour recevoir la

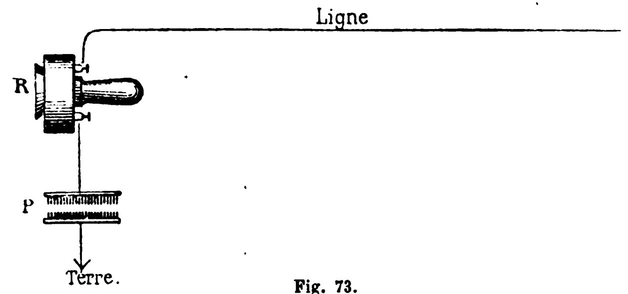


Fig. 73.

parole débarrassée de tous les bruits provenant des courants étrangers, il ne s'agit plus que de donner aux courants résultant de la transmission téléphonique une tension telle qu'ils puissent s'échapper par les pointes du paratonnerre. On obtient ce résultat en substituant simplement, à la bobine d'induction ordinaire des transmetteurs téléphoniques, une bobine d'induction plus puissante; c'est-à-dire, dont le fil induit ait un

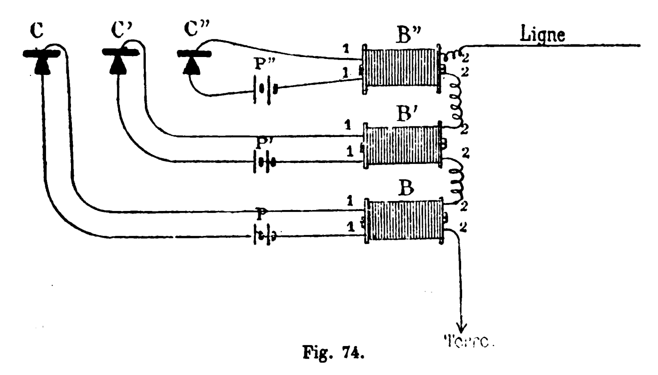


Fig. 74.

développement considérable. Ou bien encore, étant donné un transmetteur téléphonique d'un certain nombre de contacts en charbon, C, C′ C″ (*fig.* 74); on utilise

chacun de ces contacts à fermer le circuit d'une pile à travers le fil primaire d'une bobine d'induction. Puis, les fils secondaire des bobines B, B', B″ sont reliés en tension. On obtient de la sorte sur la ligne des courants téléphoniques d'une tension telle qu'ils s'échappent facilement, non seulement par les pointes du paratonnerre dont une des rangées est mise à la terre, mais encore à l'air libre, sans le paratonnerre, par l'extrémité du fil conducteur fixé à la borne de sortie du téléphone, laquelle extrémité joue le rôle d'une pointe.

Les expériences faites en cabinet démontrent que la transmission téléphonique, à travers un paratonnerre à pointes, comme à la figure 73, et au moyen du système d'amplification de tension des courants représenté figure 74, donne sur le téléphone une intensité de son à peu près égale à celle que l'on obtient sur une ligne moyenne par la transmission téléphonique ordinaire. Mais, si l'on ajoute des résistances entre le poste transmetteur et le poste récepteur, l'intensité de son, à la réception, ne diminue pas; les résistances ajoutées soient-elles, même de 50,000 ohms. Cependant, si, au lieu d'employer le paratonnerre relié à la terre, on reçoit par échappement des courants à l'air libre, l'intensité du son est beaucoup affaiblie.

Les expériences en ligne n'ont pas confirmé ces résultats : On a pu communiquer sur une ligne aérienne de 15 kilomètres et sur une ligne souterraine de 4 kilomètres; mais la voix ne s'entendait que très faiblement. Cela tient sans doute à ce que les courants de grande tension doivent s'échapper en partie à l'air libre et par les supports de la ligne aérienne, et, à ce que la faible intensité de ces courants n'est pas en rapport avec la capacité électro-statique de la ligne souterraine.

On a essayé plus tard de substituer au paratonnerre un rhéostat dont on faisait varier la résistance jusqu'à ce que l'induction des fils voisins ne fût plus entendue sur le téléphone. On a obtenu ainsi de meilleurs résultats, mais ne répondant pas suffisamment aux exigences de la pratique.

Le seul moyen qu'on ait trouvé jusqu'à présent contre l'induction, consiste dans l'emploi de fils de retour; c'est-à-dire de lignes à double fil. Encore faut-il que les deux fils qui constituent chaque ligne soient équidistants de chacun des fils de toutes les lignes voisines. Il est facile de se rendre compte de cette nécessité : Soit deux lignes parallèles ABCD, EFGH, à fil de retour (*fig.* 75), reliant chacune deux postes téléphoniques T et T'. Supposons qu'un courant commence sur la ligne ABCD dans le sens indiqué par les flèches.

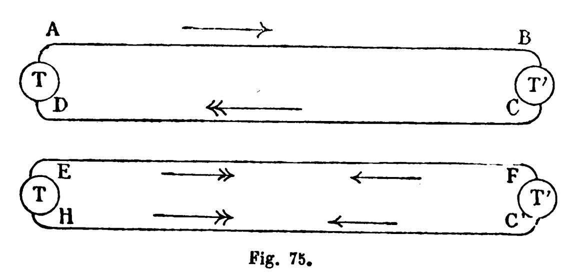


Fig. 75.

Le courant qui circule de A en B induit les deux fils de la ligne EFGH; les courants induits ainsi développés se manifestent de F en E et de G en H; leur effet tend à se neutraliser dans les téléphones; mais, le fil EF étant le plus rapproché du fil AB, le courant induit allant de F en E est plus puissant que celui qui va de G en H, par conséquent les téléphones sont sous l'influence d'une action différentielle de deux courants de sens contraire et d'intensité différente.

Le courant qui circule de C en D induit aussi les

fils EF et GH; mais en raison du rapprochement du fil CD, ces courants induits sont plus puissants que ceux développés par l'induction du courant circulant sur le fil AB, et de sens contraire, d'où il ressort une deuxième action différentielle sur les téléphones. Enfin le courant induit développé sur le fil EF est plus puissant que celui qui est développé dans le fil GH et marche en sens contraire, d'où une troisième action différentielle.

Les téléphones, étant ainsi soumis à une résultante de trois actions différentielles de courants de sens contraires et d'intensité différente, reproduisent encore les bruits étrangers qui proviennent de l'induction.

Il n'en serait pas ainsi si les fils EF et GH étaient à égale distance de chacun des fils AB et CD; l'induction produite par le courant circulant de A en B serait égale et de sens contraire dans les fils EF et GH; de même, l'induction produite sur les fils EF et GH par le courant circulant de C en D, serait égale et de sens contraire; par conséquent, les téléphones, soumis à deux actions d'énergie égale et de sens contraire, ne seraient pas du tout influencés.

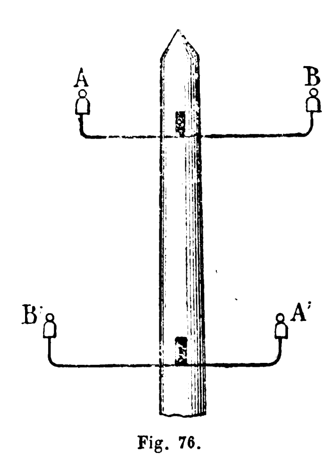


Fig. 76.

Cette disposition de lignes à double fil, de telle façon que chacun des conducteurs de l'une d'elles soit à égale distance de chacun des autres, est très difficile à réaliser dans la construction aérienne lorsqu'on a un certain nombre de lignes. Pour deux lignes la solution est facile en prenant la disposition indiquée par la *fig.* 76.

L'isolateur A est à égale distance de l'isolateur B et de l'isolaleur B'; l'isolateur A' est aussi à égale distance de B et de B'. Les isolateurs A et A' supportent les deux fils d'une ligne; les isolateurs B et B' supportent les deux fils de l'autre ligne. Mais lorsque le nombre des lignes dépasse deux, cette disposition n'est plus applicable.

Dans les lignes souterraines on réalise très facilement ces conditions d'équidistance. Il suffit, pour cela, de tordre ensemble les deux fils d'une même ligne recouverts de leur enveloppe isolante. Lorsqu'on a un certain nombre de lignes suivant la même direction on emploie, sur le parcours commun, des câbles formés d'un faisceau contenant un certain nombre de conducteurs tordus deux à deux d'abord, et tous ensemble ensuite. Le type de câble à plusieurs lignes le plus utilisé dans le réseau de Paris est le câble à 14 conducteurs pour 7 lignes doubles.

Le développement considérable que prennent les réseaux téléphoniques aériens dans la banlieue de Paris, exigera à un moment donné la substitution, aux fils nus aériens, de câbles aériens spéciaux à un certain nombre de lignes doubles. La construction de ces lignes serait plus coûteuse; mais cette dépense serait largement compensée par les avantages qu'on en retirerait au point de vue de l'entretien des lignes, de la facilité et de la sécurité des communications téléphoniques. Quelques essais, tentés dans ce sens, ont donné jusqu'ici d'excellents résultats.

Les lignes à fil de retour ont encore l'avantage de soustraire les communications téléphoniques à l'influence des courants dérivés par la terre dont il a été parlé plus haut.

Effets de la capacité électro-statique des lignes.

La capacité électro-statique des conducteurs est aussi un obstacle considérable à la transmission téléphonique à longue distance.

Pour expliquer les effets de la capacité électro-statique, considérons les figures 77 et 78 dans lesquelles les

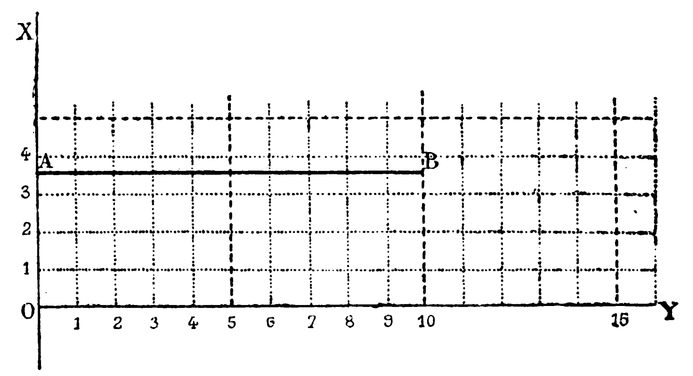


Fig. 77.

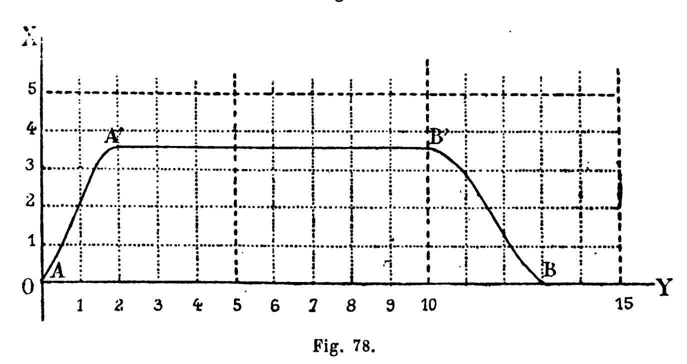


Fig. 78.

divisions de OX représentent la tension des courants en volts, et, les divisions de OY, le temps en millièmes de seconde.

Supposons d'abord que, pendant 10/1000 de seconde, on envoie sur un récepteur quelconque, à travers une résistance déterminée, sans capacité électro-statique, un courant d'une tension telle, que, par rapport à la résistance du circuit, la chute du potentiel entre les deux bornes du récepteur soit de 3 volts 6/10. La droite AB (*fig.* 77) représente l'action du courant sur le récepteur; elle indique que, pendant 10/1000 de seconde, le récepteur a subi l'influence d'un courant ayant une tension de 3 volts 6/10.

Supposons en second lieu que, entre le générateur électrique et la résistance sans capacité (*fig.* 79) on

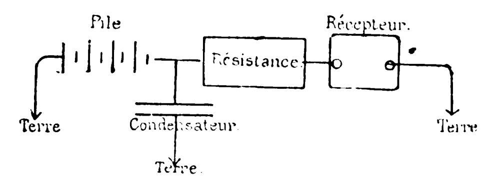


Fig. 79.

établisse une communication avec l'armature d'un condensateur dont l'autre est à terre; supposons encore que la capacité de ce condensateur soit telle qu'il mette 2/1000 de seconde pour se charger. Si, dans ces conditions, on envoie de nouveau le même courant à travers la même résistance pendant le même temps, 10/1000 de seconde. L'action du courant sur le récepteur est représentée par la courbe AA'B'B (*fig.* 78), qui montre que le récepteur a subi pendant 13/1000 de seconde l'influence d'un courant, dont la tension a varié de zéro à 3 volts 6/10 pendant les deux premiers millièmes de seconde; s'est maintenue à 3 volts 6/10 pendant les 8/1000 de seconde suivant; et enfin, a varié de 3 volts 6/10 à zéro pendant les trois derniers millièmes de seconde. Nous voyons

par là que l'action du courant sur le récepteur s'exerce en trois périodes, dont deux variables, la première et la troisième, et une constante, la deuxième.

La première période variable provient de ce que, au moment de l'émission, le courant est absorbé tout d'abord par le condensateur; puis, au fur et à mesure que celui-ci se charge, le courant actionne graduellement le récepteur pour atteindre son maximum d'action lorsque le condensateur est entièrement chargé. Cette action reste constante jusqu'à ce que l'émission cesse. C'est alors que se manifeste la deuxième période variable : le condensateur se décharge, plus ou moins lentement en raison de la résistance qui le sépare du récepteur; l'électricité qu'il contient arrive d'abord au récepteur à la même tension que le courant de pile pour tomber graduellement à zéro.

Au lieu d'un seul condensateur placé près de la source électrique, comme dans le cas particulier que nous venons d'examiner, si on plaçait un certain nombre de condensateurs équidistants répartis sur toute la résistance du circuit, tous ces condensateurs échelonnés ne pourraient se charger et se décharger que successivement, chacun d'eux mettant un temps plus ou moins long selon que la résistance qui le sépare de la source ou de la terre est plus ou moins considérable. Il en résulterait évidemment que la charge et la décharge totales seraient beaucoup plus lentes que dans le cas précédent; les périodes variables de l'action du courant sur le récepteur seraient plus longues et la période constante serait plus courte. C'est le cas que présentent les lignes d'une certaine capacité électro-statique qui peuvent être considérées comme une résistance sur laquelle sont répartis un nombre indéfini de condensateurs équidistants.

On conclut de ce qui précède que la capacité électro-statique des lignes a pour effet de modifier profondément, sous le rapport de l'opportunité, de la constance et de la durée, l'action qu'on se propose de produire sur un récepteur par un courant émis dans des conditions déterminées. Cette modification se traduit par la confusion, à la réception, des émissions rapides de courant, ce qui est le cas pour les transmissions téléphoniques ; aussi celles-ci sont vite affaiblies et s'éteignent complètement au fur et à mesure que la capacité des lignes augmente.

C'est la capacité électro-statique qui constitue certainement le plus grand obstacle aux transmissions télégraphiques et téléphoniques. On peut y remédier, pour les premières, en espaçant les signaux à la transmission de façon à les rendre plus distincts à la réception. Mais ce moyen ne peut s'appliquer aux transmissions téléphoniques qui exigent un grand nombre d'émissions dans l'unité de temps. Aussi, pour ces dernières, cet obstacle paraît insurmontable en l'état actuel de la science électrique.

La capacité électro-statique est une propriété commune à toutes les lignes électriques, mais à un degré bien différent. Faible dans les lignes aériennes, elle est considérable dans les lignes souterraines. En raison de l'obstacle apporté par la capacité de ces conducteurs, il est évident que la portée des transmissions téléphoniques doit être plus grande sur les lignes aériennes que sur les lignes souterraines. Et, en effet, tandis qu'on a pu communiquer convenablement par téléphone sur des lignes aériennes de 3 à 400 kilomètres, on n'a guère pu le faire au delà de 100 kilomètres sur les lignes souterraines.

Insensibilité du téléphone.

Le téléphone qui, comme nous l'avons vu, rend des sons sous l'influence de courants très faibles, peut rester muet sous l'influence de courants plus énergiques reçus dans des conditions déterminées.

Par exemple, sur une ligne télégraphique d'une certaine longueur et d'une certaine capacité électro-statique, si l'on interpose à l'arrivée un téléphone entre la ligne et le récepteur télégraphique, on remarque, pendant que celui-ci fonctionne, que le téléphone ne reproduit absolument aucun bruit bien qu'il soit sous l'influence d'une énergie électrique suffisante pour actionner le télégraphe. Il n'est pas douteux cependant que le diaphragme du téléphone se soit légèrement infléchi ou redressé sous l'influence du courant; toutefois, d'après ce que nous connaissons des effets de la capacité électro-statique, nous pouvons dire que, par suite des périodes variables du courant, les mouvements du diaphragme se sont opérés graduellement et sans rendre de son. Mais nous savons aussi que les courants qui engendrent la parole dans le téléphone sont également à périodes variables puisqu'ils sont ondulatoires et que, par conséquent, les mouvements du diaphragme se font aussi graduellement, ce qui n'empêche pas le téléphone de reproduire la parole.

La conclusion à tirer de ces faits, c'est : 1° que le téléphone ne rend des sons que sous l'influence de courants instantanés ou dont les périodes variables sont d'une durée excessivement courte ; 2° que le téléphone est insensible ou ne rend aucun son sous l'influence de courants dont les périodes variables dépassent une certaine durée.

Transmissions télégraphique et téléphonique simultanées.

L'ingénieuse idée et la réalisation de la double transmission télégraphique et téléphonique sur une même ligne, sont dus à M. Van Rysselberghe, le savant électricien et astronome de l'Observatoire royal de Bruxelles.

Son système est basé sur les deux principes suivants :

1° L'insensibilité du téléphone sous l'influence de courants à périodes variables d'une durée suffisante ;

2° L'insensibilité des appareils télégraphiques sous l'influence des courants engendrés par les transmetteurs téléphoniques.

Parmi les diverses dispositions imaginées par l'inventeur pour la réalisation de son idée, c'est à celle qui est représentée (*fig.* 80) qu'il a donné la préférence.

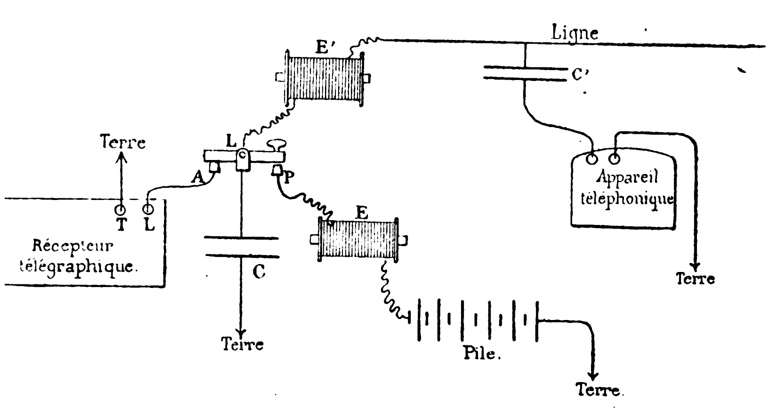


Fig. 80.

L'appareil téléphonique est placé en dérivation sur la ligne à travers un condensateur C' d'un tiers de microfarad.

Un électro-aimant droit E′ est interposé entre la ligne et le manipulateur du télégraphe. Un électro-aimant semblable E est interposé entre la pile et le contact P du manipulateur. Enfin, une dérivation est prise sur la borne L du manipulateur à travers un condensateur C variant, selon la ligne, de 2 à 5 microfarads.

Lorsque, pour envoyer un signal télégraphique, on abaisse le levier L du manipulateur sur son contact P, le courant de la pile est envoyé sur la ligne à travers les deux électro-aimants E et E′ qui s'aimantent successivement. Une partie du courant est absorbée, d'abord par l'aimantation de l'électro-aimant E, ensuite par le condensateur C qui se charge, enfin par l'aimantation de l'électro-aimant E; par suite de cette absorption successive du courant, sa tension, au point de jonction du condensateur C′ et de la ligne, passe graduellement de zéro à son maximum; de sorte que le flux électrique provenant de la charge du condensateur C′ agit sur les téléphones du départ de la même manière qu'un courant au moment de ses périodes variables; par conséquent, ces téléphones restent insensibles. *A fortiori*, un effet analogue se produit sur les téléphones au poste d'arrivée; puis, à ce même poste, le courant passe par l'électro-aimant E′ qu'il aimante, charge le condensateur C, et se perd à la terre après avoir traversé le récepteur télégraphique qu'il fait fonctionner dès qu'il a acquis dans cet appareil une tension suffisante.

Lorsque l'émission du signal cesse au poste d'arrivée, le levier L du manipulateur revient sur son contact A; le courant de la pile est interrompu; puis, dans les deux postes, la décharge de la ligne, la désaimantation de l'électro-aimant E′, la décharge des condensateurs C et C′ produisent sur les téléphones le même effet qu'un cou-

rant dans sa période variable en passant graduellement d'une tension déterminée à zéro; par conséquent les téléphones ne rendent aucun son.

Les deux cas que nous venons d'examiner démontrent que la transmission télégraphique ainsi faite ne peut troubler la transmission téléphonique; d'autre part, l'expérience démontre que les courants téléphoniques n'ont aucune action sur le télégraphe et se superposent sans inconvénient aux courants télégraphiques; d'où résulte la possibilité d'utiliser le même fil à la transmission télégraphique et à la transmission téléphonique simultanément.

Cependant la transmission téléphonique, qui n'est pas troublée par la transmission télégraphique faite sur le même fil, peut l'être par l'induction provenant des transmissions télégraphiques et téléphoniques des fils voisins.

M. Van Rysselberghe combat efficacement l'induction télégraphique en munissant, tous les appareils télégraphiques qui transmettent sur les fils voisins, d'électro-aimants droits, E et E' (*fig.* 80) qu'il appelle aussi, à cause de cet usage, bobines anti-inductrices. Par ce moyen, les courants télégraphiques sont transformés en courants à périodes variables d'une durée suffisante pour que les courants d'induction qu'ils produisent n'aient aucune action sur les téléphones.

Il combat avec succès l'induction téléphonique en se servant de deux fils, dont l'un sert de fil de retour. Il prend, pour cela, deux fils de ligne ayant un parcours commun entre deux villes qu'il veut relier téléphoniquement, sans cesser de les rendre disponibles pour le service télégraphique auquel ils sont destinés. La *fig.* 81 représente l'installation d'un poste téléphonique sur deux fils de ligne 1 et 2; sur chacun d'eux est installé un

poste télégraphique dans lequel on retrouve les mêmes organes que dans l'installation représentée par la *fig.* 80 et désignés par les mêmes lettres. Le poste téléphonique est établi en dérivation entre les deux fils de ligne à travers les condensateurs C', C' de faible capacité.

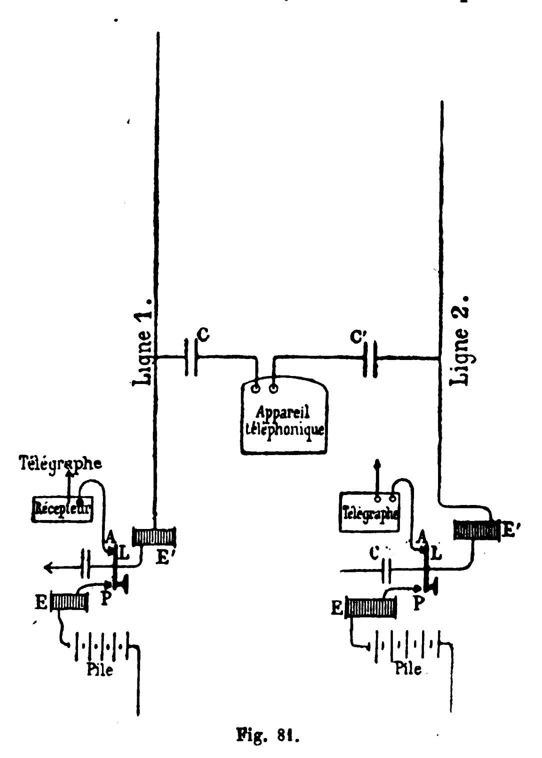


Fig. 81.

Le système Van Rysselberghe est entré dans le domaine de la pratique. Il fonctionne en Belgique entre plusieurs villes, en France entre Rouen et le Havre où il donne de bons résultats.

Dérangements.

Les communications téléphoniques, comme les communications télégraphiques sont sujettes à divers dérangements qui peuvent se produire, soit sur les lignes, soit dans les postes.

Les dérangements des lignes sont les ruptures ou défauts de conductibilité, les dérivations ou pertes à la terre et les mélanges. Pour déterminer d'une façon certaine la nature de ces dérangements, il faut se servir d'une pile et d'un galvanomètre comme cela se fait pour la recherche des dérangements sur les lignes télégraphiques. Aussi serait-il bon de mettre dans les postes, entre le fil de ligne et l'appareil téléphonique, un galvanomètre qui permettrait, comme cela a lieu dans la télégraphie, de constater l'état de la ligne chaque fois que l'on fait un appel. Sur les lignes doubles on mettrait un galvanomètre sur chaque fil. On gagnerait un temps précieux au point de vue du prompt rétablissement des communications par l'adjonction de ces appareils supplémentaires que des raisons d'économie mal entendue ou exclus jusqu'à présent de l'installation des postes téléphoniques.

Le téléphone, malgré sa sensibilité, et même à cause de son extrême sensibilité, est un instrument défectueux pour la recherche des dérangements des lignes, attendu qu'il donne le plus souvent des indications qui peuvent induire en erreur sur la nature de ces dérangements, et qu'il ne donne que très rarement des indications utiles.

Les dérangements des postes proviennent de causes multiples : défauts de réglage des organes mécaniques

et électro-magnétiques; défauts de contact; ruptures de fils reliant entre eux les divers organes; défauts dans les piles.

Dès qu'on s'aperçoit d'une interruption dans la transmission téléphonique, il faut d'abord vérifier son poste.

Pour cela, on retire, des bornes L et T de l'appareil téléphonique, le fil de ligne et le fil de terre, ou les deux fils de ligne si celle-ci est à double fil. On attache l'une des extrémités d'un fil volant à la borne L, et on touche avec l'autre extrémité de ce fil l'enclume ou contact inférieur de la clef d'appel, mais en évitant de toucher celle-ci. Si la sonnerie fonctionne on en conclut que le circuit passant par la sonnerie est bon. Si la sonnerie ne fonctionne pas, il faut retirer, de la borne de droite de l'appareil, le fil qui va à la sonnerie et toucher avec le bout de ce fil l'enclume de la clef d'appel comme on l'a fait avec le fil volant; si la sonnerie fonctionne c'est qu'il y a interruption entre la borne de ligne et la borne qui reçoit le fil de la sonnerie; il faut alors visiter avec soin les fils qui relient ces deux bornes et surtout les organes intermédiaires, le levier et les contacts du commutateur automatique et le contact de repos de la clef d'appel; si la sonnerie n'avait pas sonné, le dérangement serait dans celle-ci ou dans la pile d'appel.

Lorsque cette partie du poste a été vérifiée, on relie avec un fil volant les bornes L et T de l'appareil et, après avoir décroché le téléphone suspendu au commutateur automatique et l'avoir porté à l'oreille, on passe légèrement les doigts de la main libre sur la planchette vibrante du transmetteur; si le poste est bon, le téléphone reproduit à l'oreille le bruit produit par le frottement des doigts sur la planchette. Ou bien, si l'on veut écouter par les deux téléphones à la fois, au lieu de passer

les doigts, on met une montre sur la planchette, et, si le poste est bon, les téléphones doivent reproduire les battements de la montre.

Si les téléphones ne révèlent ni le frottement des doigts, ni les battements de la montre, plusieurs hypothèses se présentent :

1° Dérangement dans la pile du microphone ou dans les fils qui relient celle-ci aux bornes de l'appareil. On vérifie la pile au moyen d'un galvanomètre et, le plus souvent, à simple vue.

2° Interruption dans le circuit suivant que l'on peut suivre facilement à la vue : de la première borne inférieure à gauche de l'appareil à l'entrée du fil inducteur de la bobine d'induction ; de la sortie du fil inducteur aux charbons du microphone ; contacts de ces charbons ; de la sortie des charbons aux contacts du commutateur automatique ; de ces derniers contacts à la deuxième borne inférieure à gauche de l'appareil.

3° Interruption des fils de communication ou défectuosité des contacts dans la section suivante du circuit que l'on peut facilement suivre à la vue : fil de la borne L au commutateur automatique ; contact de celui-ci avec le bloc correspondant à l'entrée du fil induit de la bobine d'induction ; fil reliant la sortie du fil induit à l'entrée des téléphones ; fils reliant les deux téléphones ; fil reliant la borne T à la sortie des téléphones,

4° Interruption ou dérangement dans les téléphones ; on vérifie ceux-ci en faisant passer successivement dans chacun d'eux le courant d'une pile ; pour cela, il faut enlever les vis qui retiennent leurs cordons sur l'appareil. Si les téléphones sont bons ils doivent rendre, sous l'influence du courant et de sa rupture, un son assez puissant pour être entendu à une distance d'au moins un

mètre de l'oreille. Si ce son n'est pas perceptible les téléphones sont défectueux.

5° Dérangement dans la bobine d'induction; on la vérifie en s'assurant, au moyen d'une pile et d'un galvanomètre, qu'aucun des deux fils n'est interrompu et qu'il n'y a aucune dérivation de l'un à l'autre.

Quant, après avoir ainsi vérifié un poste et l'avoir trouvé ou remis en bon état, on reconnaît que la communication n'est pas praticable, on doit conclure qu'il existe un dérangement sur la ligne ou dans les appareils du poste correspondant.

Pour vérifier l'état de la ligne, on opère, ainsi qu'il a été dit plus haut, avec un galvanomètre et une pile, de la même façon que pour la vérification des lignes télégraphiques en faisant, à l'autre poste, isoler les fils, puis les mettre à la terre, ou les relier ensemble, selon que la ligne est simple ou double.

Voici les seules indications que l'on puisse tirer du téléphone dans les divers cas de dérangement des lignes, lorsqu'on n'a pas de galvanomètre à sa disposition.

1° *Lignes à simple fil.*

Isolement. — Lorsque l'isolement est près du poste, on n'entend pas, dans le téléphone, le frottement des doigts sur la plaque du transmetteur. Si le dérangement est loin du poste on ne remarque rien dans le téléphone. Il faut s'assurer préalablement que le poste est bon.

Pertes à la terre. —Le téléphone ne révèle rien qui puisse faire reconnaître ce dérangement.

Mélange. — Il ne faut pas conclure à l'existence d'un mélange si l'on entend la conversation sur un fil voisin, car ce fait peut provenir de l'induction. On n'est réelle-

ment certain qu'un mélange existe que si l'on reçoit sur la sonnerie de son poste des appels faits sur un fil voisin.

2° *Lignes à double fil.*

Isolement. — On observe de l'induction. Et, si la rupture n'existe que sur un fil et qu'elle soit un peu éloignée des deux postes, on peut causer par téléphone; mais la sonnerie ne fonctionne pas. Si la rupture est tout près de l'un des postes, on ne reçoit rien, ni sur la sonnerie ni sur le téléphone; il en est de même si les deux fils sont rompus.

Perte à la terre. — S'il y a une perte à la terre sur un seul fil, on ne remarque sur le téléphone, que de l'induction; mais il fonctionne de même que la sonnerie. Si les deux fils sont à la terre on ne communique d'aucune façon.

Mélange. — Si l'un des fils est mêlé avec une ligne voisine on ne remarque au téléphone que de l'induction; il fonctionne cependant, ainsi que la sonnerie. Si les deux fils de la ligne sont mêlés ensemble, on ne communique ni par sonnerie ni par téléphone; mais on n'entend pas d'induction ou seulement l'induction normale de la ligne.

(*Fin.*)

SIEUR.

EFFETS PRODUITS

SUR UN TÉLÉPHONE

INFLUENCÉ PAR UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE

(Analyse d'un Mémoire de MM. BELLON et DELFIEU)

MM. Bellon, capitaine d'artillerie, et Delfieu, commis des télégraphes à Nîmes, on fait des expériences variées et intéressantes sur l'application du téléphone à la réception des signaux télégraphiques. Leur travail peut se diviser en deux parties. La première a un but pratique et les a conduits à formuler des conclusions relativement à la création d'un alphabet téléphonique (dérivé de l'alphabet morse) et à la possibilité soit d'utiliser la terre et les conduites métalliques pour les communications téléphoniques, soit de saisir au passage, sans donner l'éveil, des dépêches transmises sur un fil télégraphique. La seconde partie de leur étude a été faite à un point de vue purement théorique.

En recevant dans un téléphone des signaux morse transmis sur une ligne télégraphique, MM. Bellon et Delfieu ont constaté que, tant que le circuit de transmission ne contient ni électro-aimant ni bobine à simple enroulement (c'est-à-dire ayant une induction notable sur elle-même), on entend pour chaque signal

deux sons également intenses, l'un à la fermeture, l'autre à la rupture du circuit. Mais si l'on introduit des bobines à simple enroulement, le premier son faiblit rapidement, tandis que le second devient plus intense. En raison de ce fait, conforme à la théorie connue, la réception au téléphone change de caractère suivant le rapport existant entre les bobines à simple enroulement et la résistance totale de la ligne. Dans le cas, facile à réaliser, où l'effet des bobines est suffisant, les auteurs du Mémoire indiquent les modifications que subirait l'alphabet morse ordinaire. Lorsqu'un trait fort commence une lettre on entend à l'extrémité de la ligne, au début de l'envoi du courant, un son faible suivi d'un son fort à la fin de l'émission. Si ce trait se trouve au milieu de la lettre, le son faible disparaît et le son fort est seul perceptible. Pour les points on n'entend qu'un son fort. Les exemples suivants donnent une idée des modifications que subit l'alphabet et la réception.

Pour la lettre S on entend, aux trois ouvertures du circuit, trois bruits égaux.

Cette lettre serait ainsi représentée par. . . . . ■ ■ ■
Son écriture télégraphique étant. . . . . ▬ ▬ ▬

Pour la lettre O on entendrait trois bruits égaux aux précédents, mais plus espacés, et en outre un bruit beaucoup plus faible à la première fermeture du circuit.

Cette lettre serait donc représentée par. . ▪■ ■ ■
Son écriture télégraphique étant. . . . . . ▬▬ ▬▬ ▬▬

De même la lettre E donnerait :

Alphabet téléphonique. . . . . ■ ■ ■ ■ ■
Écriture télégraphique. . . . . ▬ ▬ ▬▬ ▬ ▬

La lettre M donnerait

Alphabet téléphonique...............	▮■ ■
Écriture télégraphique	— —

et ainsi de suite.

MM. Bellon et Delfieu ont en vue principalement l'application de leur système à la télégraphie militaire et ils proposent de le substituer à l'emploi du parleur. En raison de la sensibilité du téléphone, la résistance des terres et la rupture même du câble (sans éloignement des deux parties) n'empêcheraient pas de communiquer. De plus les piles pourraient être supprimées et remplacées simplement par les courants de terre, qui seraient suffisants (*).

Nous ne voyons, en principe, aucune objection à ce système de réception téléphonique, qui est basé sur une idée juste et qui a été essayé avec succès par les auteurs sur une ligne de 19 kilomètres (de Nîmes à Saint-Gilles). La pratique seule peut indiquer s'il est d'un usage commode et sûr et dans quel cas il sera avantageux.

MM. Bellon et Delfieu ont fait avec succès des essais de communications au moyen d'un récepteur téléphonique : 1° les conducteurs d'aller et de retour étant une conduite d'eau et une conduite de gaz (distance de 250 mètres) ; 2° le fil métallique présentant une solution de continuité de 100 mètres et étant remplacé par la terre sur ce parcours. Des expériences

(*) Les auteurs du Mémoire ont fait divers essais en utilisant les courants de terre au lieu de piles. On peut lire dans ce même numéro la description d'expériences semblables faites par M. Sieur entre Provins et Nogent-sur-Seine.

analogues avaient déjà été faites par MM. Bourbouze, Preece, Bell, etc.

Les auteurs du mémoire ayant à leur disposition une ligne de quelques kilomètres, ont étudié l'induction produite par la transmission télégraphique sur un fil voisin, de $0^m,50$ à 70 mètres de longueur, sur lequel ils plaçaient un téléphone récepteur. Les principaux résultats qu'ils ont obtenus, à la suite d'expériences variées, sont les suivants :

1° Le fil induit étant *isolé aux deux bouts*, on pouvait lire les dépêches, lorsqu'il avait 70 mètres de longueur et se trouvait à $2^m,50$ de la ligne inductrice, ou bien lorsque la longueur était réduite à $0^m,50$ seulement, mais qu'il touchait le câble contenant le conducteur. Si un deuxième téléphone est placé à la suite du premier, on entend mieux dans le premier quand on touche la poignée du second, et moins bien dans le second quand on touche celle du premier.

2° Le fil induit étant *à la terre à un bout*, du côté du téléphone, on entendait mieux.

3° Le fil induit étant *à la terre aux deux bouts*, on entendait beaucoup mieux que dans le cas précédent si la résistance de la ligne inductrice était faible. Le *contraire se produisait* si l'on augmentait cette résistances au moyen de bobines et que l'induit fût assez rapproché de l'inducteur.

4° En promenant le fil induit le long de la ligne depuis le côté du manipulateur jusqu'à l'autre extrémité, on entendait notablement moins bien lorsqu'on s'éloignait du manipulateur, *que celui-ci fût près de la pile ou à l'extrémité opposée de la ligne.* De plus, une bobine intercalée sur la ligne entre le manipulateur et

le fil induit affaiblissait beaucoup le son reçu; si elle était placée après le fil induit, elle ne produisait pas d'effet sensible ou renforçait plutôt le son. Si l'on plaçait des bobines R et R′ sur la ligne de chaque côté de l'induit, en augmentant les résistances des deux bobines dans le même rapport, on ne changeait rien au son.

5° Le son était très affaibli lorsque l'angle du fil induit avec la ligne croissait de 0 à 90°.

Les expérimentateurs ont même cherché à donner, par des chiffres cotés de 0 à 20, une idée de la variation d'intensité du son correspondant aux variations de l'expérience. Il paraîtrait exagéré d'attacher une valeur sérieuse à ces données numériques si l'on considère : d'une part, l'absence de données sur certains côtés de l'expérience, qui est décrite d'une manière incomplète; d'autre part, la grande difficulté des évaluations acoustiques précises, difficulté qui est bien mise en évidence par ce fait que l'on n'appréciait pas l'affaiblissement du son qui devait résulter de l'accroissement de $R + R'$ (4°) pourvu que $\frac{R}{R'}$ restât constant.

Toutefois les résultats obtenus dans ces expériences sont intéressants en ce que, rapprochés des théories connues, ils fournissent de nouvelles indications sur la sensibilité et le mode de fonctionnement du téléphone. Ainsi une même quantité d'électricité induite traversant un téléphone produit un bruit d'autant plus intense qu'elle passe dans un temps plus court. D'autre part, lorsqu'on envoie un courant sur une ligne, en raison de sa capacité, si faible qu'elle soit, les variations de l'état variable du courant sont beaucoup plus rapides près du manipulateur qu'à l'autre

extrémîté. Aussi l'induction sur un fil voisîn est-elle plus vive, et l'effet au téléphone plus intense. L'expérience (4°) met ainsi en évidence l'état variable sur une ligne aérienne de quelques kilomètres à peine.

MM. Bellon et Delfieu ont fait un dernier essai en laissant un circuit local inducteur isolé à l'extrémité opposée au manipulateur. En abaissant celui-ci ils ont pu entendre un faible son dans le téléphone placé sur le circuit induit également isolé à un bout, malgré l'isolement considérable des circuits et la faiblesse de leur capacité.

THÉORIE

DES

MACHINES MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUES

Nous nous proposons d'exposer ici les résultats acquis à ce jour sur la théorie des machines magnéto et dynamo-électriques, ainsi que sur le transport et la distribution électriques de l'énergie. Nous passerons en revue les principaux types de machines et les systèmes de distribution sans nous arrêter à décrire les nombreuses variétés qui ont été inventées jusqu'ici. Comme la théorie des machines est essentiellement basée sur les phénomènes d'induction soit électro-magnétique, soit électro-dynamique, nous commencerons par exposer préalablement les lois de l'induction et les méthodes de mesure applicables à ces phénomènes.

I. — Théorie de l'induction.

M. Blavier a exposé les lois de l'induction et leur application à la détermination de l'ohm, dans les *Annales télégraphiques* (1879) et dans son *Traité des grandeurs électriques*. Nous allons reprendre en quelques mots cette théorie basée, suivant les idées d'Helmholtz, sur le principe de la conservation de l'énergie.

Lorsqu'un circuit traversé par un courant d'intensité i est situé dans un champ magnétique, chacun des éléments de ce circuit est soumis de la part du champ à une force électro-magnétique, que l'on sait calculer en grandeur et en direction (voir Blavier, Maxwell, Mascart et Joubert) et qui, s'il y a déplacement du circuit, produit un certain travail. Pour un déplacement donné, ayant lieu pendant le temps dt, ce travail est proportionnel à i; nous le représenterons par $id\mathfrak{T}$. Il n'est autre chose qu'une absorption d'énergie, faite aux dépens de la source qui produit le courant, et doit s'ajouter à l'énergie absorbée sous forme de chaleur dans le circuit, soit Ri^2dt d'après la loi de Joule. Si la source d'énergie est une pile de force *em*E, on devra donc avoir l'équation

$$Eidt = Ri^2dt + id\mathfrak{T},$$

exprimant que l'énergie fournie par la pile se trouve intégralement sous forme de chaleur et de travail. On peut écrire :

$$E - \frac{d\mathfrak{T}}{dt} = Ri.$$

On voit donc que $\frac{d\mathfrak{T}}{dt}$ joue dans le circuit le même rôle qu'une force contre-électromotrice. Elle est indépendante de E, de R et de i et ne dépend que du déplacement exécuté par le circuit dans l'unité de temps, avec ou sans déformation. Elle doit donc se produire, même lorsque le circuit est ouvert, dans chacun des éléments qui se déplacent dans le champ. Cette déduction a été en effet confirmée pleinement par l'expérience. $\left(-\frac{d\mathfrak{T}}{dt}\right)$ s'appelle la force électromotrice induite.

Ainsi que nous l'avons dit, étant donnée l'intensité magnétique du champ en chaque point, on sait calculer la force agissant sur chaque élément du circuit et par suite l'expression de $d\mathfrak{T}$ correspondant à un certain déplacement. On a trouvé que $d\mathfrak{T}$ est la différentielle exacte d'une fonction $\mathfrak{T}$ qui ne dépend que du contour du courant, et qui n'est autre que le nombre de tubes de force magnétique rencontrés par une surface limitée au contour en question (*). Nous appellerons donc, avec Maxwell, $\mathfrak{T}$ le flux de force à travers la surface du courant. On pourra dire que la force électromotrice induite dans un élément de circuit est égale au nombre des tubes de force qu'il coupe dans l'unité de temps, ou bien au *flux de force* à travers la surface qu'il décrit dans le même temps.

Le déplacement du circuit n'est pas nécessaire pour le développement de la force électromotrice induite. Considérons, en effet, l'ensemble formé par le circuit et par un système de masses magnétiques ou d'aimants produisant le champ magnétique. Que l'on déplace le circuit en présence des masses ou celles-ci en présence du circuit, pourvu que le déplacement relatif soit le même, le même travail aura été produit, en vertu du principe de l'égalité de l'action et de la réaction; donc la même force électromotrice aura été induite. Comme celle-ci, dans le cas du déplacement du circuit seul, est égale au décroissement $\left(-\frac{d\mathfrak{T}}{dt}\right)$ du flux de force

(*) Si l'on imagine le champ magnétique divisé en tubes ou canaux, dont l'axe en chaque point ait la direction de la force, et tels que le produit de la force en un point d'un tube par la section droite du tube en ce point soit constamment égale à l'unité, on a ainsi les tubes de force imaginés par Faraday et dont la considération donne lieu souvent à une représentation frappante des phénomènes.

dans l'unité de temps, il en sera de même dans le cas général où le flux $\mathfrak{F}$ varie pour une cause quelconque.

Le champ magnétique peut être développé soit par des aimants, soit par des courants. En outre, il peut être modifié par la présence de masses de fer doux ou de corps susceptibles de s'aimanter. Nous verrons comment on peut calculer ou mesurer la valeur du flux de force $\mathfrak{F}$ à travers un circuit (i) sous l'action de chacune de ces causes.

Remarquons que dans le cas d'un aimant, la valeur de $\mathfrak{F}$ est proportionnelle au moment magnétique μ de cet aimant, et peut s'écrire : $\mathfrak{F} = k\mu$, k étant un coefficient dépendant de la répartition du magnétisme de l'aimant et de sa position par rapport au circuit.

Si le champ est développé par un autre courant d'intensité I, le flux $\mathfrak{F}$ est proportionnel à I et peut s'écrire : $\mathfrak{F} = \mathrm{MI}$. Le coefficient M ne dépend que du contour des courants (i) et (I) et de leur position relative. On démontre que sa valeur est donnée par la formule suivante due à Neumann :

$$M = \iint \frac{ds ds'}{r} \cos \varepsilon,$$

ds et ds' étant deux éléments de (i) et (I) respectivement, r la distance de ces éléments, ε l'angle que font leurs directions prises dans le sens du courant.

Le circuit (i) développe lui-même un champ magnétique dans lequel il se trouve, et le flux de force correspondant est évidemment $\mathfrak{F} = \mathrm{L}i$, L étant la valeur limite de M lorsque le circuit (I) vient se confondre avec (i). — On appelle M coefficient d'induction mutuelle des circuits (I) et (i), et L coefficient de self-induction de (i), autrement dit coefficient d'induction de (i) sur lui-même.

Si des masses de fer doux se trouvent dans un champ magnétique, elles peuvent le renforcer considérablement en prenant une aimantation qui est proportionnelle à l'intensité H du champ tant que celle-ci est assez faible, mais qui croît moins rapidement que ne l'indique la loi de proportionnalité quand H va en augmentant. L'aimantation du fer doux tend vers une certaine limite qu'elle ne peut dépasser lorsque H croît indéfiniment. On a cherché à la représenter (Fröhlich, Clausius) en fonction de H par la formule empirique :

$$\frac{a\mathrm{H}}{1+b\mathrm{H}}.$$

Mais cette formule, qui peut convenir pour des valeurs ou très petites ou très grandes de H, ne saurait servir pour d'autres cas. La véritable formule donnant l'aimantation en fonction de H n'est point connue. Elle peut d'ailleurs varier avec les échantillons de fer doux et avec l'usage qu'ils ont déjà fait.

Le cas où l'on emploie des masses de fer doux pour renforcer le champ magnétique présente donc une grande complication au point de vue théorique. Toutefois lorsqu'il s'agit de bobines à noyau de fer doux et que l'intensité i du courant circulant dans les bobines n'est point trop forte, les formules deviennent très simples ; si L est le coefficient de self-induction d'une bobine sans noyau, le flux de force du courant sur lui-même est Li. L'intensité du champ magnétique dû au courant étant proportionnelle à i, si l'on place un noyau dans la bobine, l'aimantation de celui-ci et, par suite, son flux de force à travers la bobine seront proportionnels à i, tant que i sera assez faible. Donc le flux de force résultant sera $(\mathrm{L}+l)i$, l étant une con-

stante dépendant des diamètres du noyau et de la bobine. Tout se passera donc comme si, le noyau n'existant pas, la self-induction de la bobine était multipliée par $\left(1+\frac{l}{L}\right)$. Le rapport $\frac{l}{L}$ peut atteindre des valeurs assez grandes (jusqu'à 32). De même, si l'on a plusieurs bobines à noyaux, on pourra faire abstraction de ces noyaux à la condition d'adopter pour les coefficients L de self-induction et M d'induction mutuelle des valeurs convenables.

En résumé, le flux de force magnétique à travers un circuit (i), sous sa propre action et sous celle d'autres courants (I_1, I_2,...) ou d'aimants (μ_1, μ_2,...), sera

$$\mathfrak{T} = Li + \Sigma MI + \Sigma k\mu,$$

et la force électromotrice induite dans le circuit

$$-\frac{d\mathfrak{T}}{dt} = -\frac{d(Li)}{dt} - \sum\frac{d(MI)}{dt} - \sum\frac{d(k\mu)}{dt}.$$

II. — Méthodes de mesure.

Indépendamment des mesures spéciales qui seront décrites à propos des machines, nous allons faire connaître les méthodes générales applicables à la mesure des phénomènes d'induction.

Mesures de champs magnétiques. — Un circuit (i) étant placé dans un champ magnétique, on peut se proposer de mesurer en unités absolues le flux de force $\mathfrak{T}$ à travers ce circuit et l'intensité du champ magnétique à l'endroit où il se trouve.

Supposons à cet effet que le circuit, relié à un galvanomètre par deux fils ff très rapprochés ou plutôt enroulés l'un autour de l'autre, et ne contenant d'ail-

leurs ni pile ni autre force électromotrice semblable, soit déplacé de sa position actuelle (1) à une position (2).

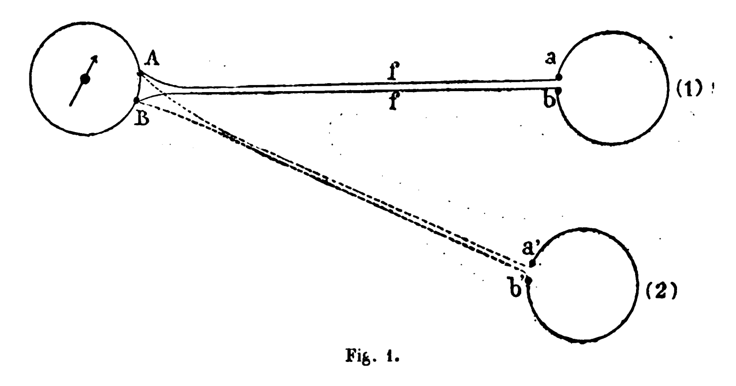


Fig. 1.

Il naitra un courant instantané qui sera régi par l'équation :

$$Ri + \frac{d\mathfrak{E}}{dt} = 0,$$

R étant la résistance totale du circuit, galvanomètre compris. La quantité totale $\int idt$ d'électricité qui traversera le galvanomètre pendant le déplacement sera donc donnée par

$$R\int idt = \mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2,$$

$\mathfrak{E}_1$ et $\mathfrak{E}_2$ étant les flux de force correspondants aux positions (1) et (2). Comme on sait mesurer R en ohms et $\int idt$ en coulombs, cette formule servira à calculer $(\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2)$ dans le système pratique d'unités (*cm*. 10^9, *gr*. 10^{-11}, *sec*. — *ohm*, *volt*, *coulomb*, *ampère*, *farad*).

Pour avoir $\mathfrak{E}_1$ il suffirait de trouver une position (2) pour laquelle $\mathfrak{E}_2 = 0$, ou bien d'éloigner brusquement

le circuit de la position (1) à l'infini, c'est-à-dire à une distance assez grande pour que le flux $\mathfrak{E}_2$ y soit négligeable. Nous disons que ce déplacement doit être brusque, c'est-à-dire que sa durée doit être une faible fraction de la durée d'oscillation de l'aiguille du galvanomètre. C'est à cette condition, en effet, que l'arc d'impulsion lu à cet instrument mesure la quantité d'électricité $\int idt$. Si le déplacement de (1) à l'infini est un peu long, faute de mieux on le fractionnera en plusieurs parties : de (1) à une certaine position quelconque (2), de (2) à (3), de (3) à (4), de (4) à l'infini. La somme des arcs d'impulsion observés à chaque déplacement est égale à l'arc que l'on observerait si le déplacement s'effectuait en une fois, sauf l'erreur de lecture qui serait multipliée par le nombre des opérations.

On connaîtra donc, par cette méthode simple, le flux de force à travers le circuit dans une position quelconque. S'il s'agit d'une bobine qui soit animée, dans le champ, d'un mouvement déterminé, périodique par exemple comme dans les machines magnéto-électriques, ayant mesuré préalablement la diminution $(\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2)$ du flux de force dans un intervalle que la bobine parcourt dans un temps θ, le rapport $\frac{\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2}{\theta}$, soit $\left(-\frac{d\mathfrak{E}}{dt}\right)$ si θ est assez petit, représentera la force *em* induite dans la bobine par l'effet de son mouvement. En répétant cette mesure de $(\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2)$ pour des intervalles très petits et égaux, parcourus par conséquent dans des temps égaux, on aura la valeur de la force *em* induite aux différentes phases du mouvement,

et l'on pourra ainsi construire une courbe représentative en prenant comme ordonnée cette force *em* et comme abscisse le chemin décrit par la bobine ou l'angle dont elle a tourné autour de l'axe de la machine. C'est ce qu'a fait M. Joubert pour des machines magnétos du type de l'Alliance; il a trouvé une courbe représentative se rapprochant beaucoup d'une sinusoïde. Il est vrai que dans les machines les bobines ont des noyaux de fer doux qu'elles entraînent avec elles et qui modifient l'état primitif du champ magnétique. Mais ce qu'il importe de connaître, ce n'est pas le flux de force à travers la bobine tel qu'il existerait si le champ n'était pas modifié; c'est le flux $\mathfrak{E}$ actuel, tel qu'il résulte de l'existence du noyau entraîné par la bobine, et c'est cette valeur $\mathfrak{E}$ que donne l'expérience décrite plus haut.

Remarquons encore que pendant le mouvement de la bobine, le courant induit qui la traverse modifie le champ et le flux de force $\mathfrak{E}$ doit être augmenté de Li. En réalité, on doit donc écrire $(\mathfrak{E} + Li)$, $\mathfrak{E}$ désignant seulement le flux tel qu'il existerait si i était nul. Pour plus de rigueur dans la mesure de la variation $(\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2)$ du flux entre les positions (1) et (2), on devrait écrire :

$$R\int idt = (\mathfrak{E} + Li)_1 - (\mathfrak{E} + Li)_2.$$

Mais comme le courant i est instantané, et nul au commencement ainsi qu'à la fin du déplacement, les termes en Li disparaissent, et $(\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}_2)$ est bien représenté par $R\int idt$. Par contre, lorsqu'une machine est en mouvement, si l'on veut avoir la force *em* développée dans chaque bobine à un instant quelconque,

celle-ci ne se réduit pas à $\left(-\frac{d\mathfrak{C}}{dt}\right)$; on doit mettre en évidence le terme : $-\frac{d(\mathrm{L}i)}{dt}$ dû à la self-induction et qui a pour effet de diminuer l'intensité du courant.

Nous représentons, pour simplifier, par Li le flux de force dû à la self-induction. Le coefficient L doit être pris en tenant compte de l'action du noyau. Comme l'aimantation de celui-ci sous l'action du courant n'est pas proportionnelle à i lorsque i est un peu grand, surtout si l'on considère que le noyau est déjà soumis à l'influence des aimants permanents, il en résulte que, dans la formule Li, on devrait en réalité considérer en général L comme une fonction plus ou moins compliquée du courant i et du magnétisme des aimants permanents de la machine. Toutefois dans le cas étudié par M. Joubert on pouvait, au moins approximativement, considérer L comme une constante dans les formules.

Nous terminerons ce paragraphe en indiquant un moyen de mesurer l'intensité H d'un champ magnétique en un point. Si l'on place en ce point, perpendiculairement à la force magnétique, une bobine plane formée de n spires de surface S assez petite pour que l'on puisse supposer H constante à l'intérieur, le flux de force à travers la bobine sera nSH. Relions la bobine à un galvanomètre et faisons-la tourner de 180° autour d'un de ses diamètres. Le flux sera alors ($-n$SH) ; il aura donc varié de ($2n$SH) en valeur absolue, et si l'on désigne par R la résistance totale du circuit, la quantité d'électricité $\int idt$ induite, que l'on peut mesurer au galvanomètre, sera donnée par :

$$\mathrm{R}\int idt = 2n\mathrm{SH}.$$

On aura ainsi la valeur de H, connaissant n, S, R et $\int idt$.

W. Weber a indiqué cette méthode pour mesurer, au contraire, R en valeur absolue, connaissant préalablement n, S, H et $\int idt$ (1[re] méthode de Weber pour la détermination de l'ohm). H était la composante horizontale du magnétisme terrestre.

Mesure d'un coefficient d'induction mutuelle. — Lorsque l'on étudie un courant secondaire induit par un circuit primaire, il est très important de pouvoir déterminer le coefficient M d'induction mutuelle des deux circuits, puisque l'intensité du courant induit en dépend essentiellement. Nous supposerons d'abord les bobines sans noyaux, auquel cas M est une constante pour une position relative déterminée des bobines.

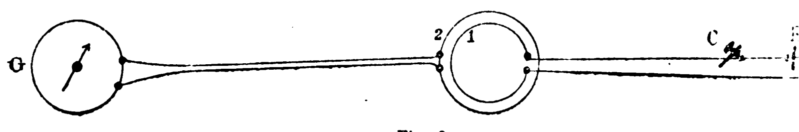


Fig. 2.

Relions la bobine 1 à une pile E par l'intermédiaire d'une clef C, et la bobine 2 à un galvanomètre G. Soient R_1 et R_2 les résistances totales des deux circuits et $\int idt$ la quantité d'électricité induite dans le circuit 2 lorsqu'on ferme le circuit 1 par le jeu de la clef C. Avant la fermeture, le flux de force à travers le circuit 2 était nul ; après, la bobine 1 étant traversée par un courant d'intensité $\frac{E}{R_1}$, le flux de force à travers le

circuit 2 est $M \frac{E}{R_1}$. Donc on aura au signe près :

$$R_2 \int idt = M \frac{E}{R_1},$$

puisque $M \frac{E}{R_1}$ est la variation du flux à travers le circuit 2. On aura ainsi M en valeur absolue dans le système pratique d'unités, si l'on connaît E en volts, R_1 et R_2 en ohms, $\int idt$ en coulombs.

Les déterminations de E et de $\int idt$ en valeur absolue donneraient en général lieu à des erreurs assez importantes que l'on évitera en mesurant préalablement le rapport $\frac{1}{E}\int idt$. A cet effet, avant l'expérience précédente, on chargera un condensateur de capacité C par la pile E et on le déchargera à travers le galvanomètre. Si cette décharge donne un arc d'impulsion A, l'arc donné par $\int idt$ étant α, et si en outre les arcs d'impulsion sont proportionnels aux quantités d'électricité (galvanomètres à miroir), on aura :

$$\frac{CE}{A} = \frac{\int idt}{\alpha}.$$

d'où :

$$M = CR_1R_2 \frac{\alpha}{A}.$$

Il suffira donc d'avoir un condensateur et des boites de résistance bien étalonnés.

On peut, au contraire, mesurer $\int idt$ à l'ouverture du circuit 1 au lieu d'opérer à la fermeture. Les résultats

doivent être égaux en valeur absolue si la force *em* de la pile n'a pas diminué et si la résistance du circuit primaire n'a pas changé. On doit opérer, à cet effet, assez rapidement. On doit également avoir soin d'éloigner le galvanomètre du circuit primaire pour qu'il ne soit pas influencé directement.

La formule précédente ou la formule de Neumann indiquent que M a les dimensions d'une longueur. L'unité à laquelle elle est rapportée est 10^9 centimètres. Il en est de même évidemment des coefficients de self-induction.

Exemple.

Force *em* de la pile employée.	E	$= 10$ volts
Condensateur	C	$= 1$ microf. $= 10^{-6}$ farads
Déviation due à la décharge CE :	A	$= 5.000$
Résistance de la pile et de la bobine 1.	R_1	$= 95$ ohms
— du galvanomètre Thomson et de la bobine 2.	R_2	$= 4.230$ ohms
Déviation due à la quantité $\int idt$. . . .	α	$= 37$

d'où :

$$M = CR_1R_2\frac{\alpha}{A} = 0{,}0030 \times 10^9 cm = 30 \text{ kilom.}$$

Dans cet exemple, comme la lecture α est de 37 divisions, si l'on commet une erreur d'une demi-division, l'erreur relative sur M est 1/74. Pour avoir une grande précision dans les mesures il sera préférable, si l'on possède une bobine double dont le coefficient d'induction mutuelle M_1, est exactement connu, de comparer directement M à M_1 par une méthode de réduction à zéro (V. Maxwell), la suivante par exemple.

Réunissons les circuits inducteurs 1 et 1′ des doubles

bobines M et M′ par l'intermédiaire d'une pile E et d'une clef C, et les circuits induits 2 et 2′ par des fils sur lesquels on peut intercaler des résistances connues. Lorsqu'on abaisse la clef, des courants induits circulent dans le circuit (2, 2′) pendant un instant très court. A un instant donné, le courant primaire I induit dans (2) une force *em* égale à $M\frac{dI}{dt}$ et dans (2′) une force *em* : $M'\frac{dI}{dt}$, de même sens que la première si les deux bobines sont convenablement reliées. Deux points *a* et *b* pris sur le circuit induit seront au même potentiel s'ils divisent ce circuit en deux parties dont les résistances R (du côté de M) et R′ (du côté de M′), sont respectivement proportionnelles aux forces *em* : $M\frac{dI}{dt}$ et $M'\frac{dI}{dt}$, ou simplement à M et M′. La condition

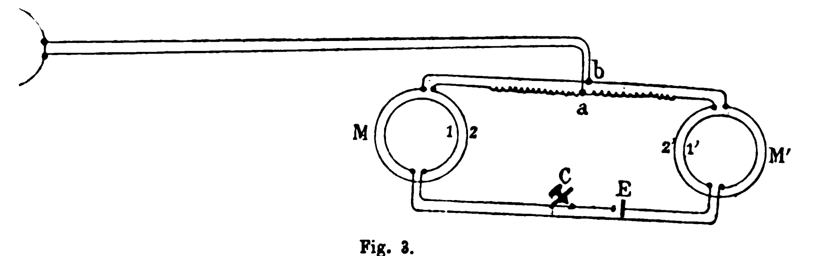


Fig. 3.

$$\frac{M}{M'} = \frac{R}{R'},$$

étant indépendante de l'intensité I, lorsque le réglage des résistances aura été obtenu, un galvanomètre intercalé entre les points *a* et *b* devra rester au repos, soit à la fermeture, soit à l'ouverture du circuit inducteur. La relation précédente fera alors connaître M en fonction de M′, R, R′.

La self-induction des bobines 2 et 2′ détruit, il est vrai, à un moment donné, l'égalité des potentiels en *a* et *b*; mais elle ne change rien au résultat final, puisque le flux *total* de force dû à la self-induction, soit de (2), soit de (2′), est nul et donne au galvanomètre une quantité $\int idt$ nulle.

Mesure d'un coefficient de self-induction. — La détermination de la self-induction d'un circuit est également très importante. Lorsque le circuit est traversé par un courant variable, notamment par des courants alternatifs comme dans les machines magnétos, la self-induction joue un grand rôle et peut affaiblir considérablement le courant, comme nous le verrons plus loin. Nous supposerons d'abord, comme dans la mesure précédente, qu'il s'agisse d'une bobine sans noyau de fer doux.

Plaçons la bobine de coefficient L dans l'une des branches d'un galvanomètre différentiel G, l'autre branche contenant un rhéostat réglé de manière que dans les deux branches les résistances R et les intensités *i* du courant soient égales lorsque l'état permanent est atteint. A l'ouverture de la clef C, la bobine L va donner lieu à un courant induit (extra-courant) et l'on observera un arc d'impulsion α au galvanomètre. Or, l'une des lois de Kirchoff, appliquée à un circuit fermé quelconque, exprime que la somme des forces *em* est égale à la somme des produits des résistances de chaque branche par les intensités correspon-

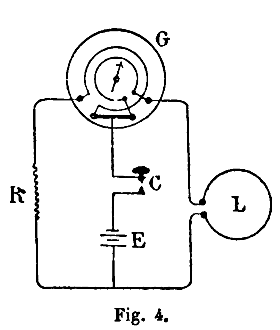


Fig. 4.

dantes :

$$\Sigma e = \Sigma ri,$$

d'où, en intégrant,

$$\Sigma \int edt = \Sigma r \int idt.$$

Appliquons cette formule au circuit formé par les deux branches du galvanomètre différentiel, qui sont traversées, au moment de l'ouverture, par des courants inégaux i' et i'', de sens contraires dans le circuit. Les résistances de ces deux branches sont R et la valeur de $\int edt$ est le terme Li, qui provient de la bobine L dans laquelle le courant tombe de i à 0. Par conséquent

$$Li = R \int (i' - i'')dt,$$

Refaisons la même expérience en établissant un condensateur de capacité C en dérivation entre les extrémités d'une résistance connue ρ prise dans celle des branches R qui contient la bobine L. La valeur de i n'est pas changée, et le condensateur prend la charge $C\rho i = q$. Mais à la rupture les valeurs de i' et de i'' ne sont plus les mêmes; nous les désignerons par i'_1 et i''_1. Il est à remarquer d'ailleurs que la résistance ρ est traversée non seulement par la quantité $\int i'_1 dt$ qui lui arrive après avoir traversé le reste $(R - \rho)$ de la branche L, mais encore par la décharge q du condensateur. Donc dans l'équation

$$\Sigma \int edt = \Sigma r \int idt$$

appliquée au circuit formé par les deux branches R, le

second membre, au lieu de se réduire à $R\int(i'_1 - i''_1)dt$, comme précédemment, contient en outre un terme égal à $\rho q = C\rho^2 i$. Comme le premier membre est toujours égal à Li, on aura donc :

$$(L - C\rho^2)\,i = R\int(i'_1 - i''_1)dt.$$

D'autre part, $\int(i' - i'')dt$ et $\int(i'_1 - i''_1)dt$ sont proportionnels aux arcs d'impulsion α et α_1 observés dans ces deux expériences. Par suite :

$$\frac{L}{L - C\rho^2} = \frac{\alpha}{\alpha_1}.$$

On tire de là L par un calcul simple.

Si l'on s'arrange de manière à avoir $\alpha_1 = 0$, en faisant varier C, par exemple, au moyen d'un condensateur gradué, on aura :

$$L = C\rho^2.$$

C'est là une méthode de réduction à 0 que l'on peut appliquer, soit avec le galvanomètre différentiel, soit avec le pont de Wheatstone.

Pour les autres méthodes de mesure L, et notamment pour la comparaison d'un coefficient d'induction mutuelle connu à un coefficient de self-induction, nous renverrons aux traités spéciaux (V. Maxwell, *Traité d'électricité et de magnétisme ;* Brillouin, *Thèse de physique*).

Cas des bobines à noyau de fer doux. — Lorsque des bobines contiennent des noyaux de fer doux, si le champ magnétique est dû uniquement aux courants circulant dans les bobines et si ces courants sont assez faibles, l'aimantation d'un noyau sous l'action d'un courant

seul est proportionnelle à celui-ci, et l'aimantation totale est la somme de celles qui sont dues à chaque courant; de telle sorte que le flux de force à travers une bobine quelconque est une fonction linéaire des intensités dans les divers circuits, soit de la forme $Li + M_1I_1 + M_2I_2 + \ldots$ Les valeurs de L, M_1, M_2,... ne sont pas les mêmes que si les noyaux n'existaient pas. L'effet de ceux-ci est, par conséquent, de renforcer les coefficients L de self-induction et M d'induction mutuelle des diverses bobines dans un rapport déterminé, qui peut être assez considérable (valeur maximum de ce rapport $= 32$); mais ils ne compliquent nullement les formules.

Dans le cas d'une bobine cylindrique du diamètre D contenant un noyau de fer doux de diamètre d, dont le coefficient d'aimantation est k, l'accroissement *relatif* du coefficient de self-induction sous l'action du noyau est $4\pi k \frac{d^2}{D^2}$ (V. Mascart et Joubert, *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*).

Lorsqu'un noyau est déjà aimanté assez fortement par d'autres causes quelconques, si l'on fait passer un courant d'intensité i dans la bobine, le flux de force à travers elle-même augmente d'une certaine quantité qui est fonction de i. Comme cette fonction est nulle pour $i = 0$, on peut admettre que pour de faibles valeurs de l'intensité elle est proportionnelle à i; soit Li ce flux. La valeur de L dépend de l'aimantation préalable du noyau et diminue à mesure que celle-ci augmente. Cette remarque est importante et s'applique en particulier au cas des courants téléphoniques. L'intensité, ou au moins la variation d'intensité de ces courants, étant très faible, on peut rigoureusement consi-

dérer comme constants les coefficients d'induction des bobines, quoique les noyaux possèdent préalablement une aimantation assez forte.

Dans le cas extrême, où le noyau de fer est déjà saturé, le courant i circulant dans la bobine ne peut faire varier son aimantation, et le coefficient de self-induction est par conséquent le même que si le noyau n'existait pas.

Dans le cas général, le courant i fait varier l'aimantation du noyau, et l'on peut considérer l'effet de celui-ci comme étant encore de renforcer le coefficient de self-induction de la bobine. Mais le coefficient L que l'on devra adopter, au lieu d'être une constante, sera une fonction plus ou moins compliquée $f(i)$ de l'intensité. On peut d'ailleurs mesurer L par la méthode ci-dessus, légèrement modifiée, comme s'il était constant, et déterminer par une série d'observations la fonction $f(i)$.

Les méthodes applicables à la mesure des coefficients L et M pour des bobines sans noyau le sont encore lorsque les bobines ont des noyaux aimantés préalablement. Pour des bobines d'induction ordinaires d'appareils Ader, par exemple, on trouve des chiffres tels que les suivants :

$$\begin{aligned} \text{L (inducteur)} &= 0{,}013 \times 10^9 cm, \\ \text{M} \quad — \quad &= 0{,}050 \quad — \\ \text{L (induit)} &= 0{,}250 \quad — \end{aligned}$$

Nous terminerons ce paragraphe en faisant observer que l'on peut considérer le rôle des noyaux à un autre point de vue. On a vu que, lorsque le flux de force à travers un circuit varie de $d\mathfrak{T}$, le travail des forces électro-dynamiques est $id\mathfrak{T}$ et correspond à une quantité égale d'énergie fournie par la pile ou les autres forces *em*

qui se trouvent dans le circuit. En particulier le flux de force dû à la self-induction est Li ; l'énergie absorbée correspondante à la variation $d(Li)$ est $id(Li)$. Or, cette quantité n'est pas un travail mécanique, ni une quantité équivalente de chaleur dégagée. Elle reste donc dans le circuit, où elle est emmagasinée à l'état potentiel sous une forme inconnue. La quantité totale d'énergie ainsi emmagasinée est $\int_{i=0}^{i} id(Li)$, soit $\frac{1}{2} Li^2$ lorsque L est une constante. A la rupture du circuit elle est restituée dans l'extra-courant sous forme de chaleur. Plus la rupture est brusque, plus l'extra-courant est violent, puisque la même quantité d'énergie $\frac{1}{2} Li^2$ doit être dégagée dans un temps plus court. Le phénomène est également d'autant plus intense que i est plus grand et que le coefficient L est plus grand. La présence d'un noyau de fer doux doit donc le renforcer considérablement. — Quant à l'étincelle qui jaillit entre les électrodes à leur séparation, elle s'explique par la grande différence de potentiel qui est développée entre ces électrodes. La self-induction donne lieu, en effet, à une force électromotrice $\left(-L\frac{di}{dt}\right)$ qui peut être considérable si l'intensité i décroît très rapidement. Exemple : soit $L = 10$ (forte bobine à noyau), $i = 1$ ampère, supposons que la rupture ait lieu en un millième de seconde; la valeur *moyenne* de $\left(-L\frac{di}{dt}\right)$ sera $10\frac{1}{0{,}001} = 10000$ volts, et la force électromotrice maximum serait certainement bien supérieure à cette moyenne.

III. — Étude générale des courants alternatifs. Courants de Foucault.

Dans les machines magnéto-électriques, le mouvement des bobines induites en présence des aimants inducteurs est périodique. La force électromotrice induite ε doit donc être une fonction périodique du temps, dont la période T est inversement proportionnelle à la vitesse de rotation. Si l'on pose $m = \frac{2\pi}{T}$, cette force *em* sera représentée par la série de Fourier :

$$\varepsilon = E_0 + E_1 \sin m(t - \alpha_1) + E_2 \sin 2m(t - \alpha_2) + \ldots$$

La valeur moyenne de ε, c'est-à-dire E_0, est nulle ; cela résulte de la théorie et de l'expérience. Les courants engendrés par cette force *em* sont dits alternatifs. A part la courte durée de l'état variable lors de la mise en marche ou de l'arrêt, ces courants sont évidemment périodiques comme ε, et l'on peut écrire :

$$i = I_1 \sin m(t - \beta_1) + I_2 \sin 2m(t - \beta_2) + \ldots$$

Si l'on négligeait la self-induction du circuit, le calcul de I_1, I_2, ... serait très simple, car on aurait simplement, en désignant par R la résistance du circuit (supposé sans dérivations) :

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{E_1}{R} \sin m(t - \alpha_1) + \frac{E_2}{R} \sin 2m(t - \alpha_2) + \ldots$$

Mais, comme nous allons le voir, la self-induction peut modifier considérablement cette formule.

L'équation du courant est :

$$Ri + L\frac{di}{dt} = \varepsilon,$$

L désignant le coefficient de self-induction. A cause de la forme linéaire de cette équation en i, $\frac{di}{dt}$, ε, l'expression complète de i est la somme des solutions que l'on trouvera en remplaçant successivement ε par les différents termes du développement en série ; c'est-à-dire que le terme $I_k \sin k(t-\beta_k)$ dans i est la solution de l'équation :

$$Ri + L\frac{di}{dt} = E_k \sin k(t-\alpha_k).$$

Il suffit donc de savoir résoudre cette équation particulière, par exemple pour $k=1$, soit :

$$(1) \qquad Ri + L\frac{di}{dt} = E_1 \sin m(t-\alpha_1) = \varepsilon_1.$$

Or i étant de la forme $I_1 \sin m(t-\beta_1)$, il en résulte la propriété exprimée par l'équation suivante, dont nous ferons plusieurs fois usage :

$$\frac{d^2 i}{dt^2} = -m^2 i.$$

Donc, si l'on différentie (1) en remplaçant $\frac{d^2 i}{dt^2}$ par $(-m^2 i)$, il vient :

$$(2) \qquad -Lm^2 i + R\frac{di}{dt} = \frac{d\varepsilon_1}{dt}.$$

L'élimination de $\frac{di}{dt}$ entre (1) et (2) donne :

$$(R^2 + L^2m^2)i = R\varepsilon_1 - L\frac{d\varepsilon_1}{dt} = E_1\sqrt{R^2+L^2m^2}\sin m(t-\alpha_1-\varphi_1),$$

d'où :

$$i = \frac{E_1}{\sqrt{R^2+L^2m^2}}\sin m(t-\alpha_1-\varphi_1).$$

On voit donc : 1° que l'intensité maximum du cou-

rant dû à la force *em* : $E_1 \sin m(t - \alpha_1)$, au lieu d'être $\frac{E_1}{R}$, est :

$$I_1 = \frac{E_1}{\sqrt{R^2 + L^2 m^2}};$$

2° que l'intensité i, au lieu d'avoir ses valeurs nulles et ses maxima en même temps que la force électromotrice, a sur celle-ci un retard φ_1 ou une différence de phase $\frac{\varphi_1}{T}$ telle que :

$$\tan g\, m\varphi_1 = \frac{Lm}{R}.$$

L'énergie dépensée dans le circuit est $\int \varepsilon i dt$, ou, en remplaçant ε par $\left(Ri + L\frac{di}{dt}\right)$:

$$\int \varepsilon i dt = \int R i^2 dt + \frac{1}{2} L i^2.$$

Le terme $\left(\frac{1}{2} Li^2\right)$ représente une quantité d'énergie très faible, emmagasinée d'ailleurs dans le circuit et non dissipée. La seule dépense réelle est la chaleur dégagée $\int Ri^2 dt$. On pose quelquefois :

$$\int_0^T R i^2 dt = RI^2 T,$$

c'est-à-dire que l'on calcule l'énergie dépensée d'après la formule de Joule en admettant, au lieu de l'intensité variable i, une certaine valeur moyenne I telle que :

$$I^2 = \frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt = \frac{I_1^2}{2}.$$

Si l'on calculait l'intensité moyenne par la formule $\frac{1}{T}\int_0^T i\,dt$, on trouverait zéro. On considère quelquefois la moyenne des valeurs positives de i, soit :

$$I' = \frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} I_1 \sin mt = \frac{2 I_1}{\pi}.$$

Cette moyenne I′ ne concorde pas avec I ; de telle sorte qu'il serait inexact de calculer l'énergie $\int_0^T R i^2 dt$ par la formule RI'^2T. C'est pourquoi l'on convient généralement d'appeler intensité moyenne la valeur $I = \frac{I_1}{\sqrt{2}}$, qu'il importe le plus de connaître.

Dans le cas où la force *e m* ε, au lieu de se réduire au premier terme de la série, est de la forme :

$$E_1 \sin m(t - \alpha_1) + E_2 \sin 2m(t - \alpha_n) + \dots,$$

l'intensité i est égale à :

$$\begin{aligned} i &= \frac{E_1}{\sqrt{R^2 + L^2 m^2}} \sin m(t - \alpha_1 - \varphi_1) \\ &\quad + \frac{E_2}{\sqrt{R^2 + L(2m)^2}} \sin 2m(t - \alpha_2 - \varphi_2) + \dots \\ &= I_1 \sin m(t - \beta_1) + I_2 \sin 2m(t - \beta_2) + \dots \end{aligned}$$

et l'énergie dépensée pendant une période T est :

$$\int_0^T R i^2 dt = \frac{1}{2} R (I_1^2 + I_2^2 + \dots) T.$$

La valeur de l'intensité moyenne est par conséquent :

$$i = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + \dots}{2}}.$$

Dans les machines à courants redressés, c'est-à-dire où la communication entre les bornes de la géné-

ratrice et le circuit extérieur est inversée à chaque demi-période, de manière que le courant à l'extérieur soit toujours de même sens, la moyenne de ce courant n'est pas nulle et l'on a :

$$i = I_0 + I_1 \sin m(t - \beta_1) + I_2 \sin 2m(t - \beta_2) + \dots$$

L'intensité moyenne I est ici telle que :

$$I^2 = \frac{T}{2}\int_0^T i^2 dt = I_0^2 + \frac{1}{2}(I_1^2 + I_2^2 + \dots),$$

tandis que l'intensité moyenne $I' = \frac{1}{T}\int_0^T i dt$ est I_0. Si donc on mesure l'intensité du courant à la fois au moyen d'un galvanomètre et d'un électrodynamomètre, le rapport des indications de ces deux instruments sera :

$$\frac{I'}{I} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{I_1^2 + I_2^2 + \dots}{2 I_0^2}}}.$$

Au point de vue du calcul de l'énergie dépensée, les indications de l'électrodynamomètre devront seules être adoptées (*).

Par contre, l'électrodynamomètre ne saurait servir pour la mesure de la différence de potentiels entre deux points d'un circuit traversé par un courant variable. Si le courant était constant, v désignant la différence de potentiels à mesurer, on intercalerait entre les deux points, en dérivation, un électrodynamomètre de grande résistance r, qui, par une lecture, ferait connaître l'intensité i du courant ainsi dérivé, et l'on aurait $v = ir$. Mais si v est une fonction périodique, soit,

(*) Voir à ce sujet une note de M. Hospitalier, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et dans l'*Électricien* (Juin 1885).

par exemple, $V_1 \sin mt$, on aura :

$$ri + l\frac{di}{dt} = V_1 \sin mt,$$

d'où :

$$i = \frac{V_1}{\sqrt{r^2 + l^2 m^2}} \sin m(t - \varphi).$$

Le dénominateur contenant le coefficient m, qui dépend de la période du courant, il faudrait un calcul très compliqué pour connaître V_1, ayant mesuré l'intensité moyenne I. Toutefois, si la période est assez longue et si l'on s'est assuré que la self-induction l de l'instrument est assez faible, on pourra négliger le terme $(l^2 m^2)$ qui complique la formule précédente.

L'électromètre à quadrants remplacera avantageusement l'électrodynamomètre dans l'expérience précédente. Les deux points entre lesquels existe la différence de potentiels v étant reliés, l'un à une paire de quadrants, l'autre à l'aiguille et à l'autre paire, le couple électrostatique qui agit sur l'aiguille est proportionnel à v^2. Ce couple varie avec v d'une manière périodique ; mais, la période étant courte, l'aiguille restera fixe dans la même position que si la différence de potentiel étant constante et égale à la moyenne V définie (comme l'intensité moyenne mesurée à l'électrodynamomètre) par la formule :

$$V^2 = \frac{1}{T}\int_0^T v^2 dt = \frac{V_1^2}{2} \text{ (*)}.$$

Courants alternatifs induits dans un circuit secondaire. — Considérons deux circuits contenant respectivement des bobines (1) et (2) formant une bobine

(*) V. Joubert, *Étude sur les machines magnéto-électriques.*

d'induction, et supposons-les traversés par les courants

$$i_1 = I_1 \sin m(t - \alpha_1),$$
$$i_2 = I_2 \sin m(t - \alpha_2),$$

de telle sorte que l'on ait : $\frac{d^2 i_1}{dt^2} = - m^2 i_1$; $\frac{d^2 i_2}{dt^2} = - m^2 i_2$. Si M est le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits, la force *em* induite sur le premier par le courant i_2 est : $\left(- M \frac{di_2}{dt}\right)$. Or si le circuit (2) a une résistance R_2, une self-induction L_2 et contient une force *em* $\varepsilon_2 = E_2 \sin m(t - \beta_2)$, comme il est de plus soumis, de la part du circuit (1) à la force *em* $\left(- M \frac{di_1}{dt}\right)$, on aura :

$$R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} = \varepsilon_2 - M \frac{di_1}{dt},$$

d'où en différentiant et remplaçant $\frac{d^2 i_1}{dt^2}$ par $(- m^2 i_1)$, etc. : $- L_2 m^2 i_2 + R_2 \frac{di_2}{dt} = \frac{d\varepsilon_2}{dt} + M m^2 i_1$. De ces deux équations on déduit :

$$(R_2^2 + L_2^2 m^2) \frac{di_2}{dt} = R_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} + L_2 m^2 \varepsilon_2 + M m^2 \left(R_2 i_1 - L_2 \frac{di_1}{dt}\right).$$

L'expression de la force *em* induite par le second circuit sur le premier est donc :

$$- M \frac{di_2}{dt} = - \frac{M}{R_2^2 + L_2^2 m^2} \left[R_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} + L_2 m^2 \varepsilon_2 + M m^2 \left(R_2 i_1 - L_2 \frac{di_1}{dt}\right)\right].$$

On peut la simplifier beaucoup et l'écrire :

$$- M \frac{di_2}{dt} = e - \rho i_1 + \lambda \frac{di_1}{dt},$$

en posant :

$$\rho = \frac{M^2 m^2}{R_2^2 + L_2^2 m^2} R_2 = k_2^2 R_2,$$
$$\lambda = k_2^2 L_2,$$
$$e = -\frac{M}{R_2^2 + L_2^2 m^2}\left(R_2 \frac{d\varepsilon_2}{dt} + L_2 m^2 \varepsilon_2\right) = k_2 E_2 \sin m(t - \beta_2 - \varphi_2).$$

La formule de $\left(-M\frac{di_2}{dt}\right)$ montre que tout se passe dans le circuit (1) comme si, le circuit (2) étant supprimé, on ajoutait dans la bobine (1) une résistance $(+\rho)$, une self-induction $(-\lambda)$ et une force électromotrice e. Celle-ci a sur la force *em* ε du circuit (2) un retard φ_2, qui importe peu ici.

La considération de ces trois quantités e, ρ et λ simplifie beaucoup les calculs. Si l'on veut calculer en effet le régime du courant i_1 on n'aura qu'à poser l'équation :

$$(R_1 + \rho) i_1 + (L_1 - \lambda) \frac{di_1}{dt} = \varepsilon_1 + e.$$

On obtiendrait i_2 par un procédé analogue.

Supposons que (1) soit un circuit primaire et que (2) soit un circuit secondaire ne contenant aucune force *em* ε_2. — C'est le cas des générateurs secondaires de MM. Gaulard et Gibbs, étudiés par M. Ferraris au point de vue théorique (V. Lumière électrique, juin 1885). — L'énergie fournie par la force *em* primaire ε_1 est

$$\int \varepsilon_1 i_1 dt = \int (R_1 + \rho) i_1^2 dt,$$

en négligeant l'énergie $\frac{1}{2}(L_1 - \lambda) i_1^2$, qui n'est qu'emmagasinée dans le circuit. L'énergie dépensée se divise en deux parties, l'une $R_1 \int i_1^2 dt$ dégagée sous forme de

chaleur dans le circuit primaire, l'autre $\rho\int i_1^2 dt$ dépensée dans le circuit secondaire. Si cette dernière constituait toute l'énergie utile, le rendement du système serait : $\frac{\rho}{R_1+\rho}$. Mais cela n'est pas. L'énergie $\int R_2 i_2^2 dt$ dépensée dans le circuit secondaire n'est utilisée que partiellement par l'échauffement d'une résistance r. Cet échauffement étant regardé comme l'énergie utile, s'il sert, par exemple, à porter une lampe à l'incandescence, et étant $\int r i_2^2 dt$, le rendement est diminué dans le rapport $\frac{R_2}{r}$ et sa valeur est finalement :

$$\frac{\rho}{R_1+\rho}\frac{r}{R_2}.$$

Cette formule très simple permettra de calculer quelles sont, en pratique, les proportions à garder entre les divers éléments R_1, R_2, r, L_1, L_2, M. Il est à remarquer que l'on peut faire varier L_1, L_2 et M, sans rien changer aux résistances des circuits, par l'introduction plus ou moins complète d'un noyau de fer doux dans la bobine. On pourra se proposer également de calculer les conditions de maximum de l'énergie utilisée, qui est :

$$\frac{r}{R_2}\int\rho i_1^2 dt = \frac{1}{2}\frac{r}{R_2}\rho I_1^2 t.$$

Si l'on a plusieurs circuits secondaires échelonnés le long d'un circuit primaire, les calculs seraient tout aussi simples. Pour chaque circuit secondaire on calculerait la valeur correspondante de ρ, ainsi que celle de $\frac{r}{R_2}$. L'énergie totale utilisée serait :

$\frac{1}{2} I^2 t \sum \left(\frac{r}{R_2} \rho \right)$, et le rendement $\frac{1}{R_1 + \Sigma\rho} \cdot \sum \rho \frac{r}{R_2}$, soit : $\frac{r}{R_2} \cdot \frac{\Sigma\rho}{R_1 + \Sigma\rho}$ si $\frac{r}{R_2}$ est constant.

Nous avons supposé dans ces calculs, pour simplifier, les coefficients d'induction L et M constants et indépendants de l'intensité des courants, ce qui n'est exact que si les intensités sont assez faibles. Le cas général serait très compliqué au point de vue théorique; mais il conduirait sans doute en pratique à des conclusions analogues. Nous avons en outre négligé plusieurs causes de pertes d'énergie, entre autres : 1° les courants de Foucault, que nous étudions plus loin et que l'on peut d'ailleurs affaiblir beaucoup par certains dispositifs; 2° la capacité électrostatique des circuits, qui produit une absorption nuisible d'énergie d'autant plus grande que cette capacité est plus grande et que la période des courants est plus rapide. Cette absorption croît très rapidement dès que le produit CRm de la capacité d'un circuit par sa résistance et par le coefficient $m = \frac{2\pi}{T}$ dépasse une certaine limite (5 ou 6 par exemple). (Voir à ce sujet la Note sur les transmissions téléphoniques, *Annales télégraphiques*, mai-juin 1884).

Courants de Foucault. — On appelle ainsi les courants induits par la variation du champ magnétique dans des masses conductrices non filiformes, particulièrement dans les noyaux des bobines. L'induction dans les noyaux peut provenir soit de la variation du courant dans les bobines, soit du déplacement des bobines dans le champ. Nous étudierons successivement ces deux effets.

Le noyau d'une bobine intervient non seulement par une augmentation de self-induction, seul effet que nous ayons étudié jusqu'ici, mais encore par l'énergie absorbée sous forme de courants dans la masse même du noyau. Si la bobine est cylindrique, à section circulaire, les courants de Foucault décriront évidemment des cercles ayant pour axe commun l'axe de la bobine. Si donc on suppose le noyau divisé en anneaux par des plans perpendiculaires à l'axe et par des cylindres concentriques très rapprochés, ces divers anneaux constituent les divers circuits de résistances (R_1 R_2...R_n), de self-inductions (L_1, L_2... L_n), qui vont être traversés par les courants dits de Foucault, dont les intensités sont respectivement (i_1, i_2,... i_n). Si M_1, M_2,... M_n sont les coefficients d'induction mutuelle de ces divers circuits sur la bobine, les courants de Foucault réagiront sur celle-ci en y développant une force électromotrice égale à :

$$\varepsilon = -M_1 \frac{di_1}{dt} - M_2 \frac{di_2}{dt} - \dots - M_n \frac{di_n}{dt},$$

que nous allons calculer. Les équations des courants i_1, i_2,... i_n, seront, si l'on désigne par M_{kl} le coefficient d'induction mutuelle des courants i_k et i_l, et par i le courant dans la bobine :

$$(1) \begin{cases} R_1 i_1 + L_1 \dfrac{di_1}{dt} + M_{1.2} \dfrac{di_2}{dt} + \dots + M_{1.n} \dfrac{di_n}{dt} = -M_1 \dfrac{di}{dt}, \\ R_2 i_2 + L_2 \dfrac{di_2}{dt} + M_{1.2} \dfrac{di_1}{dt} + \dots + M_{2.n} \dfrac{di_n}{dt} = -M_2 \dfrac{di}{dt}, \\ \vdots \\ R_n i_n + L_n \dfrac{di_n}{dt} + M_{1.n} \dfrac{di_1}{dt} + \dots + M_{n-1.n} \dfrac{di_{n-1}}{dt} = -M_n \dfrac{di}{dt}. \end{cases}$$

Différentions ces n équations, en remplaçant $\frac{d^2 i}{dt^2}$ par

$(-m^2 i)$, $\frac{d^2 i_k}{dt^2}$ par $(-m^2 i_k)$. Il vient :

$$
(\mathrm{I}')\left\{\begin{array}{l}
R_1 \frac{di_1}{dt} - L_1 m^2 i_1 - M_{1.2} m^2 i_2 - \ldots - M_{1.n} \quad m^2 i_n \quad = + M_1 m^2 i, \\
\vdots \\
R_n \frac{di_n}{dt} - L_n m^2 i_n - M_{1.n} m^2 i_1 - \ldots - M_{n-1.n} m^2 i_{n-1} = + M_n m^2 i.
\end{array}\right.
$$

Les $2n$ équations (I) et (I'), linéaires par rapport aux $2n$ inconnues $\left(i_1, i_2, \ldots i_n, \frac{di_1}{dt}, \ldots \frac{di_n}{dt}\right)$, donneront les valeurs de $\left(\frac{di_1}{dt}, \frac{di_2}{dt}, \ldots \frac{di_n}{dt}\right)$ en fonction linéaire et homogène de i et de $\frac{di}{dt}$. De telle sorte que ε, qu'il s'agit de calculer, est également une fonction linéaire et homogène, et qu'on peut l'écrire :

$$\varepsilon = \rho i - \lambda \frac{di}{dt}.$$

Comme, d'autre part, tout se passe dans le circuit de la bobine comme si les courants de Foucault n'existaient pas, à condition d'introduire la force *em* ε, à cause de la forme de ε, on voit qu'il suffira, pour tenir compte de ces courants, d'introduire implicitement dans la bobine une résistance supplémentaire $(+\rho)$ et une self-induction $(-\lambda)$, absolument comme dans le cas traité précédemment. Il est facile de voir que ρ et λ sont, l'un et l'autre, de la forme : $\frac{m^2 \varphi(m^2)}{\psi(m^2)}$, φ étant une fonction algébrique de degré $(n-1)$ en m^2 et ψ de degré n. Ces fonctions contiennent les résistances R_1, $R_2, \ldots$ les coefficients L_1, $L_2, \ldots M_1$, $M_2, \ldots$ $M_{12}, \ldots$ $M_{kl}, \ldots$, mais ne dépendent pas de la résistance ni de la self-induction de la bobine.

Au point de vue de l'absorption d'énergie, la self-induction n'intervenant pas, l'effet des courants de Foucault est donc le même que celui de l'addition, dans la bobine, d'une résistance nuisible ρ, qui est fonction de la période $T = \frac{2\pi}{m}$ du courant, s'annule pour $m = o$ (période longue) et tend vers une certaine limite pour $m = \infty$ (période extrêmement courte). Cette résistance nuisible ρ dépend aussi de la résistance spécifique α du fer du noyau. On augmente cette résistance spécifique considérablement en remplaçant le noyau plein par un faisceau de fils de fer vernis et dirigés suivant l'axe de la bobine. Toutefois, d'une manière absolue, on peut constater que ρ n'est pas une fonction constamment décroissante de α. Au contraire ρ va en croissant jusqu'à un maximum ρ_1 lorsque α croît de 0 à une certaine valeur α_1 ; puis, α continuant à croître jusqu'à devenir infini, ρ décroît de ρ_1 à 0. Cela est facile à vérifier dans un cas simple, par exemple si on remplaçait les n courants de Foucault (i_1, i_2,... i_n) par un seul courant moyen. On trouverait :

$$\rho = R_1 \frac{M_1^2 m^2}{R_1^2 + L_1^2 m^2}.$$

Cette valeur de ρ croît avec R_1 tant que R_1 n'aura pas dépassé ($L_1 m$) ; ensuite elle décroît. On voit par là qu'il ne suffit pas d'augmenter *simplement* la résistance spécifique du noyau aux courants de Foucault. Il faut l'augmenter *suffisamment*, et à cet effet il sera bon de se rendre compte des valeurs relatives de R_1 et de ($L_1 m$). Autrement on risquerait d'aboutir à un résultat opposé à celui qu'on veut obtenir. Ajoutons que le terme ($L_1 m$) est directement proportionnel au

nombre des changements de sens du courant et, par suite, à la vitesse des machines.

La formule précédente de ρ peut s'écrire :

$$\rho = M_1^2 r.$$

L'énergie absorbée par les courants de Foucault est : $\int \rho i^2 dt$, i désignant l'intensité du courant dans la bobine. Comme le flux de force $\mathfrak{E}$ à travers le circuit (R_1, L_1) sous l'action du courant i est égal à $M_1 i$, on pourra écrire :

$$\int \rho i^2 dt = r \int M_1^2 i^2 dt = r \int \mathfrak{E}^2 dt.$$

Cette formule est applicable évidemment, quelle que soit la cause du flux de force $\mathfrak{E}$ et, par conséquent, dans le cas où le courant i_1 est induit dans le noyau par le mouvement même de celui-ci dans le champ magnétique de la machine, à la condition que $\mathfrak{E}$ soit de la forme $\mathfrak{E}_1 \sin m (t - \alpha_1)$ et que le flux soit dirigé suivant l'axe du noyau. Dans le cas où ces deux conditions ne sont pas remplies, et c'est le cas général des machines magnétos et dynamos, le problème est beaucoup plus compliqué au point de vue théorique. Il se complique encore davantage si l'on considère que la constance des coefficients d'induction L et M est loin d'être réalisée en pratique. Mais, quelque compliqué que soit le résultat, l'énergie absorbée par les courants de Foucault pourra toujours s'écrire sous la forme : ρI^2, I étant une quantité proportionnelle à l'intensité générale du champ magnétique *variable* dans lequel se trouve le noyau, et ρ étant une quantité dépendant des dimensions et de la résistance spécifique du noyau, ainsi que de la période $T = \frac{2\pi}{m}$.

On devrait tenir compte, en outre, dans les calculs précédents, du retard à l'aimantation et du magnétisme rémanent des noyaux, qui ne sont pas parfaitement doux. La self-induction et les courants de Foucault sont en partie les causes du retard à l'aimantation, comme le montre un calcul très simple, que nous ne développerons pas ici. Mais ce ne sont pas les seules causes. On voit par là combien, pour rendre les calculs possibles, on est obligé de simplifier les conditions réelles de la pratique.

(*A suivre.*)

VASCHY.

LE QUADRUPLEX EN ANGLETERRE

Le système de quadruplex dont l'usage s'est considérablement répandu, dans ces derniers temps, en Angleterre, est fondé sur l'utilisation des deux qualités qui différentient les courants, l'*intensité* et le *sens*.

Supposons, dans un circuit, deux appareils dont l'un soit seulement sensible aux changements de direction du courant, indépendamment de son intensité, tel qu'un électro-aimant polarisé, et dont l'autre puisse fonctionner par des variations d'intensité du courant, indépendamment de sa direction, tel qu'un électro-aimant morse ordinaire. Il sera possible d'actionner les deux appareils séparément et indépendamment l'un de l'autre, si l'on dispose de deux clefs, l'une pouvant changer le sens du courant, l'autre servant seulement à faire varier l'intensité du courant transmis par la première. Par une pression convenable du ressort antagoniste de l'électro-aimant morse, celui-ci enregistrera uniquement les signaux manipulés sur la « *clef de renforcement* »; la manipulation de la « *clef d'inversion* » sera reproduite exclusivement par le relais polarisé.

C'est là un système de télégraphie *duplex*. Ce système, étant combiné avec l'un des modes connus de transmission *duplex*, donnera un système de *quadruplex*. C'est celui qu'on a adopté en Angleterre sur un certain nombre de grands fils.

Description des appareils. — 1° *Relais compound.* — L'électro-aimant morse dont il a été parlé ci-dessus ne fonctionnait pas bien sur les longues lignes, chaque changement de sens du courant produisant une secousse sur l'armature. On a été conduit à lui substituer le relais « compound » de Gerritt Smith. C'est un relais à double courant dont l'organe électro-magnétique est pareil à celui du relais du Post-Office (*). Il est

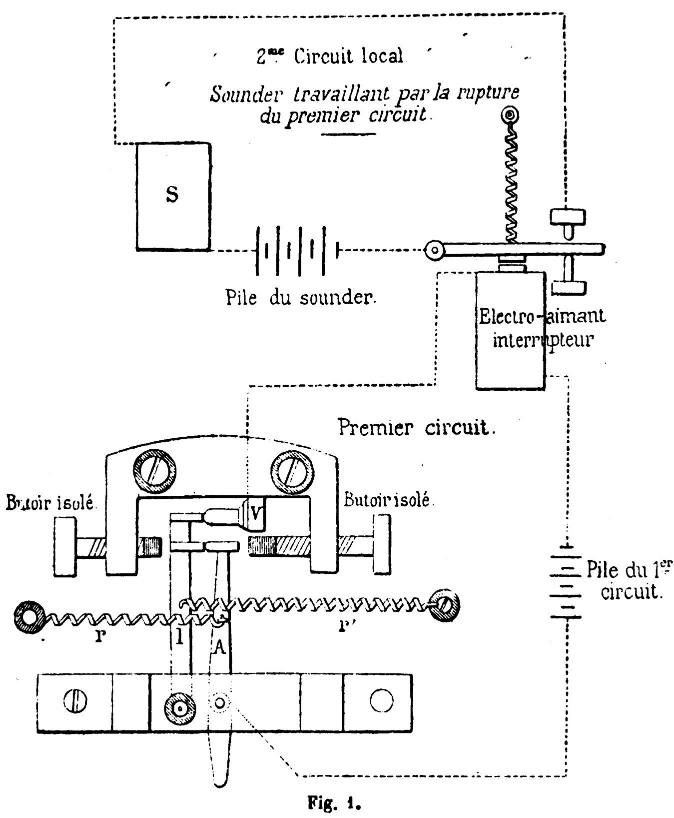


Fig. 1.

(*) Le relais dit *du Post-Office* est une modification du relais Siemens qui a été arrêtée par les ingénieurs du Post Office, à la suite d'un travail

caractérisé par la disposition suivante : une languette *l* (*fig.* 1) porte à son extrémité deux saillies pouvant buter, l'une contre la tête de l'armature A, l'autre contre un butoir métallique isolé V ; l'armature et la languette sont sollicitées l'une vers l'autre par deux ressorts opposés *r*, *r'*, le ressort *r'* étant légèrement prépondérant, pour forcer la languette *l* à toucher en même temps le butoir V et l'armature. Un circuit local est fermé en temps ordinaire, par l'armature, la languette et le butoir V ; mais si l'armature est sollicitée dans un sens ou dans l'autre par une force supérieure à la tension des ressorts *r* ou *r'*, elle se portera, soit seule vers la droite, soit vers la gauche en entraînant la languette, et dans un cas comme dans l'autre le circuit local sera rompu. Par une tension convenable des ressorts *r* et *r'*, on peut faire en sorte que le circuit local reste fermé tant que la clef d'inversion du poste transmetteur travaille seule, et s'ouvre lorsque la seconde clef renforce le courant.

La rupture du circuit local est utilisée pour faire travailler un *sounder* (parleur) dans un second circuit local.

2° *Pile.* — La pile du poste transmetteur est divisée en deux groupes tels que la pile entière est environ trois fois plus forte que la petite fraction. Le pôle extérieur du petit groupe est relié à une des deux bornes de pile de la clef d'inversion, la seconde borne de pile de cette clef étant mise en communication avec l'autre pôle de la pile, par l'intermédiaire de la clef de

collectif. Ce relais est surtout connu en France depuis que M. Preece l'a exposé, en 1881, dans une installation de Wheatstone duplex ; c'est ce qui l'a fait appeler, bien à tort, *relais Preece*. (P. B.)

renforcement, soit sur le petit groupe, soit sur la entière.

3° *Clef d'inversion.* — C'est une clef de Varley o naire (*). On règle la hauteur des butoirs de con des leviers avec les ressorts de pile, de façon que, chacun des leviers de ligne et de terre, le contact a un pôle soit établi un peu avant que le contact rompu avec l'autre pôle.

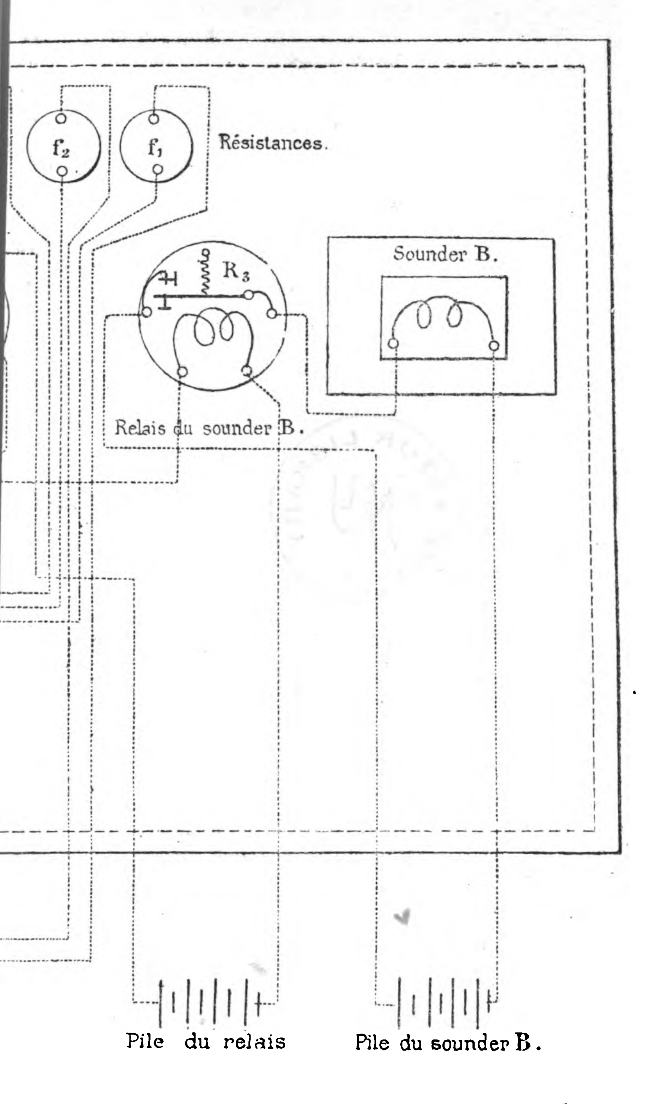
Cette disposition pourrait donner lieu à une prod tion d'étincelles qui brûleraient les surfaces de c tact, quand la clef de renforcement a mis la clef d version en communication avec la pile entière, si l n'avait le soin de placer dans le circuit de la gra pile une résistance convenable ρ_1 (fig. 2) appelée « *sp resistance* ». Conséquemment, quand la clef de renf cement envoie à la clef d'inversion le courant de la tite pile, il est nécessaire, pour que l'équilibre du dup subsiste, d'intercaler sur le trajet une résistance égale à la différence des résistances de la grande et la petite pile, augmentée de ρ_1.

4° *Clef de renforcement.* — C'est une clef du mê genre que le manipulateur de Varley à double coura mais n'ayant qu'un levier conducteur et une seule pa de ressorts de contact.

L'axe de cette clef est relié à la seconde borne pile de la clef d'inversion; le contact de repos comm nique avec le petit groupe de la pile, et le contact travail avec la pile entière.

Installation. — Le duplex est établi d'après la m thode différentielle. Le courant venant de la clef d'

(*) Voir *Annales télégraphiques*, janvier-février 1885 (Contrôle transmissions sur les lignes desservies par des appareils à double coura



f2
f1
Résistances.
Sounder B.
R3
Relais du sounder B.
Pile du relais
Pile du sounder B.

Page 256.

version se bifurque et traverse successivement les circuits différentiels d'un galvanomètre G (*fig.* 2), d'un relais compound R_1, et d'un relais polarisé R_2, du modèle du Post-Office.

A la sortie des trois appareils différentiels, le courant va, d'un côté à la ligne, et de l'autre côté à une ligne artificielle formée d'un rhéostat ρ_{IV} et d'un condensateur établi en dérivation, à l'entrée du rhéostat.

Le relais compound agit immédiatement sur le relais R_3, lequel ferme le circuit du sounder B; le relais polarisé ordinaire commande le sounder A.

Le commutateur C sert à mettre le sommet du système différentiel en communication, soit avec la clef d'inversion, pour le travail, soit avec la terre, pour le réglage du duplex, à travers une résistance ρ_3 égale à celle de la pile entière augmentée de ρ_1.

Réglage. — Pour régler le duplex, on fait mettre le correspondant à la terre (usage du commutateur C); puis on règle d'abord la résistance ρ_{IV} de la ligne artificielle, jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre reste au zéro, et que l'armature du relais ordinaire demeure inerte, pendant le passage d'un courant permanent.

On cherche ensuite l'équilibre électrostatique, en réglant le condensateur pendant que l'on manipule. Il arrive généralement que la capacité du condensateur qui donnerait le réglage parfait est comprise entre deux nombres consécutifs de la graduation. On peut alors perfectionner le réglage en augmentant ou en diminuant la résistance ρ_{IV} qui fait varier la vitesse de charge du condensateur.

Organisation du travail; rendement. — Quatre employés, deux transmetteurs et deux lecteurs, peuvent échanger 150 dépêches à l'heure, en travail courant,

sur un fil tel que celui de Londres à Manchester, d'une longueur de près de 400 kilomètres.

L'ensemble des appareils qui se correspondent est désigné par une même lettre. Le relais polarisé ordinaire et la clef d'inversion, dans un même poste, forment le « *côté A* »; le relais compound et la clef de renforcement constituent le « *côté B* » de l'installation.

On a quelquefois constitué le côté A avec un transmetteur et un récepteur Wheatstone, le côté B restant tel qu'il a été décrit. Alors le rendement a été considérablement accru.

Il est à remarquer que l'on peut installer sur le côté A un système quelconque à double courant.

Paul Bayol.

CALCUL
DE LA
FORCE ÉLECTROMOTRICE DES PILES

Pour calculer la force électromotrice des piles par la méthode des constantes thermiques, il est nécessaire de connaître tout d'abord les relations numériques qui existent entre certaines données thermiques. Ces diverses relations numériques peuvent s'exprimer par la loi suivante :

Lorsqu'un métal se substitue à un autre dans une solution saline, le nombre des calories dégagées est, pour chaque métal, toujours le même quelle que soit la nature du radical acide qui fait partie du sel (*).

Le zinc, par exemple, en se substituant au cuivre, dans le sulfate de cuivre, dégage $50^{cal},6$ (**); or, la substitution du zinc au cuivre, dans n'importe quel composé cuivrique soluble, dégagera toujours cette même quantité de chaleur. Si l'on prenait le cadmium au lieu du zinc, on trouverait $33^{cal},8$; mais cette quantité serait la même pour tous les sels de cuivre. Il en

(*) Cette loi que j'ai découverte il y a quelques années est connue généralement sous le nom de *loi des constantes thermiques*.

(**) Cette valeur numérique, ainsi que toutes les autres contenues dans ce mémoire, se rapportent aux poids moléculaires ($O = 16$) et non pas aux équivalents ($O = 8$).

serait de même pour tous les métaux pouvant se substituer, non seulement dans une solution cuivrique, mais encore dans une solution saline quelconque. D'autre part, on sait d'après les principes de la thermochimie, que les calories dégagées par la substitution du zinc au cuivre dans le sulfate de cuivre, sont égales à la différence des calories de combinaison du sulfate de zinc et du sulfate de cuivre.

$$(SO^4Cu + Zn = SO^4Zn + Cu;\ 50^{cal},6)$$
$$= (\mathfrak{o}SO^4Zn - \mathfrak{o}SO^4Cu = 50^{cal},6)\ (^*).$$

D'après les principes que je viens d'exposer, il doit s'ensuivre que si la différence des chaleurs de combinaison entre le sulfate de zinc et le sulfate de cuivre est égale à $50^{cal},6$, ce nombre représentera aussi la différence des chaleurs de combinaison entre le chlorure de zinc et le chlorure de cuivre, le bromure de zinc et le bromure de cuivre, l'acétate de zinc et l'acétate de cuivre, etc.

D'une manière générale, si l'on désigne par R, R', R''..., les radicaux acides et par M, M', M''..., les métaux, on aura :

$$\mathfrak{o}RM - \mathfrak{o}RM' = \mathfrak{o}R'M - \mathfrak{o}R'M'.$$

En me basant sur ces considérations, je suis arrivé à pouvoir dresser un tableau à l'aide duquel on peut déterminer *à priori* la chaleur de combinaison de *tous les sels solubles* minéraux et organiques.

J'ai obtenu ce tableau en retranchant de la chaleur de combinaison du chlorure de potassium dissous les chaleurs de combinaison des autres chlorures également dissous. Ainsi, le chiffre $88^{cal},8$ placé dans le tableau vis-à-vis du zinc, exprime la différence des

(*) Le signe $\mathfrak{o}$ placé devant un sel indique la chaleur de combinaison de ce sel.

chaleurs de combinaison entre

$$2 \times ɔ\,ClK - ɔ\,Cl^2Zn = \theta_{Zn}.$$

Le chiffre $4^{cal},6$, placé vis-à-vis du sodium, exprime la différence entre

$$ɔ\,ClK - ɔ\,ClNa = \theta_{Na}.$$

On aurait pu également obtenir ce même tableau en prenant la différence des chaleurs de combinaison entre les bromure, iodure, sulfate, etc., de potassium et les bromures, iodures, sulfates, etc., des autres métaux.

Tableau des constantes thermiques de substitution.

(Formule générale $= \Delta = \delta \pm \theta$).

$\Delta =$ sel dont on cherche la chaleur de combinaison.
$\delta =$ chaleur de combinaison du sel de potassium ayant le même radical acide du sel Δ.
$\theta =$ constante thermique correspondant à la base du sel Δ.

Valeur de θ par rapport aux poids moléculaires des sels dissous
($H^2O = 18$).

	cal.
Sels de lithium	− 1,1
— sodium	+ 4,6
— argent	87,4
— thallium	62,3
— magnésium	14,6
— baryum	136,2 − x (*)
— strontium	6,0
— calcium	14,0
— zinc	88,8
— cadmium	105,4
— aluminium	43,3 ou 3 × 43,3
— manganèse	73,6
— fer (proto)	101,6
— fer (per)	116,4 ou 3 × 116,4
— nickel	108,0
— cobalt	106,8
— cuivre	139,0
— mercure	142,0
— plomb	123,2
— étain	120,4
— étain (bi)	44,2
— or	147,0

(*) Chaleur de combinaison du baryum avec l'oxygène Ba + O non encore déterminée.

Calories de combinaison des principaux sels potassiques dissous ($H^2O = 18$).

		cal.
Fluorure de potassium		91,4
Chlorure	—	100,8
Bromure	—	91,0
Iodure	—	74,7
Cyanure	—	64,7
Perchlorate	—	96,4
Iodate	—	96,8
Nitrate	—	96,1
Nitrite	—	91,4
Sulfate	—	196,0
Sulfite	—	196,4
Chromate	—	189,2
Bichromate	—	191,4
Acétate	—	95,6

Etc., etc., etc.

Je vais maintenant montrer par quelques exemples pris au hasard, l'exactitude de la loi et en même temps la manière dont il faut se servir du tableau des constantes thermiques.

Soit à déterminer la chaleur de combinaison du sulfate de cuivre dissous. D'après la formule générale, on aurait :

$$\text{ɔ}SO^4Cu = \text{ɔ}SO^4K^2 - \theta_{Cu},$$
$$\text{ɔ}SO^4Cu = 196^{cal},0 - 139^{cal},0 = 57^{cal},0\ldots \text{ trouvé } = 56^{cal},8.$$

Pour la chaleur de combinaison du nitrate de cadmium, on aurait :

$$\text{ɔ}(AzO^3)^2Cd = 2 \times \text{ɔ}AzO^3K - \theta_{Cd},$$
$$\text{ɔ}(AzO^3)^2Cd = 2 \times 96^{cal},1 - 105^{cal},4 = 86^{cal},8\ldots \text{ trouvé } = 86^{cal},6.$$

Pour la chaleur de combinaison de l'iodure de calcium, on aurait :

$$\text{ɔ}I^2Ca = 2 \times \text{ɔ}IK - \theta_{Ca}.$$
$$\text{ɔ}I^2Ca = 2 \times 74^{cal},7 - 14^{cal},0 = 135^{cal},4\ldots \text{ trouvé } = 135^{cal},4,$$

Etc., etc., etc.

Je pourrais, certes, multiplier ces exemples, mais

cela serait tout à fait superflu. En faisant usage de ma formule générale et en suivant les indications que j'ai données, il sera facile de *contrôler*, de *déterminer* ou de *prévoir* les chaleurs de combinaison de TOUS les sels solubles.

Je vais maintenant montrer comment on peut appliquer ma loi des constantes thermiques au calcul de la force électromotrice des piles. Soit d'abord les piles à deux liquides.

Lorsqu'une pile est formée par deux métaux plongeant chacun séparément dans la solution d'un de leurs propres sels, et que ces sels ont le même acide ou le même corps halogène, la force électromotrice de ce couple est égale à la différence des constantes thermiques de ces métaux divisés par le volt exprimé en calories, ou V.

Si l'on désigne par E_p la force électromotrice d'une pile se trouvant dans les conditions que je viens d'indiquer, et par θ, θ' les constantes thermiques des deux métaux, on aura l'expression très simple suivante :

$$E_p = \frac{\theta - \theta'}{V}.$$

Le volt correspond à $46^{cal},3$.

Il faut remarquer que les quatre premiers métaux contenus dans le tableau sont monoatomiques et que tous les autres sont diatomiques. Les constantes θ et θ' appartiennent donc à des métaux de l'une ou de l'autre de ces catégories ; les deux métaux d'une pile peuvent être monoatomiques ou diatomiques ou bien l'un des deux seulement est diatomique. Il s'ensuit que chaque fois que la constante thermique d'un de ces derniers entre dans la formule ci-dessus, il faut dou-

bler la constante thermique du métal monoatomique. Il en est de même lorsque les deux métaux qui composent le couple sont monoatomiques.

Ainsi, je suppose qu'il s'agisse de trouver la *f e m* des couples sodium-argent, magnésium-sodium, zinc-magnésium, on aura :

1° Sodium-argent :

$$E_p = \frac{2 \times 87,4 - 2 \times 4,6}{46,3} = 3,57 \text{ volts.}$$

2° Magnésium-sodium :

$$E_p = \frac{14,6 - 2 \times 4,6}{46,3} = 0,12 \text{ volts.}$$

3° Zinc-magnésium :

$$E_p \times \frac{88,8 - 14,6}{46,3} = 1,60 \text{ volts.}$$

Des deux métaux, celui dont la constante thermique est la plus faible constitue le pôle négatif de l'élément, et est aussi celui qui se dissout, tandis que l'autre constitue le pôle positif et s'accroît par le dépôt résultant de la décomposition de son sel.

Il ressort de la loi énoncée précédemment que : *La* f e m *de toute pile formée de deux métaux demeure constante, quel que soit l'acide ou le corps halogène de leurs deux sels.*

Ainsi, par exemple, pour un couple cadmium-zinc, la *f e m* sera toujours

$$E_p = \frac{105,4 - 88,8}{46,3} = 0,36 \text{ volts.}$$

que les sels employés soient des sulfates, des chlorures, des acétates, etc.

La formule générale de la *f e m* de tout couple formé

de deux métaux A et B est donc :

$$E_p = \frac{\theta_A - \theta_B}{V} = x \text{ volts}$$

J'appliquerai maintenant cette formule au calcul d'un élément dont la *fem* est bien déterminée par l'expérience, c'est-à-dire de l'élément Daniell.

Comme on le sait, cet élément est formé d'un cuivre et d'un zinc, chaque métal plongeant dans la dissolution de son propre sulfate.

D'après ce qui vient d'être dit, le *fem* de cet élément sera :

$$E_p = \frac{\theta Cu - \theta Zn}{V} = \frac{139,0 - 88,8}{46,3} = 1,084 \text{ volts.}$$

Si l'on calcule la *fem* de ce même élément Daniell par la méthode ordinaire, c'est-à-dire des équivalents électro-chimiques, voici la marche que l'on suit :

Connaissant la nature des réactions qui se produisent dans la pile, on emploie la formule $E = 4,16\, g\, H$, dans laquelle g est l'équivalent électro-chimique du corps dégagé par l'électrolyte et H la quantité de chaleur en calories ($g - d$) dégagée par 1 gramme de ce corps pour passer à l'état de la combinaison chimique de l'électrolyte.

Dans la pile de Daniell, il se produit deux actions distinctes : dissolution du zinc dans l'acide sulfurique et dépôt de cuivre par suite de la dissolution du sulfate de cuivre. Il y a donc, d'un côté, dégagement, et de l'autre, absorption de chaleur, et la *fem* de l'élément est égale à la différence de ces deux actions.

Évaluant la première, c'est-à-dire la chaleur dégagée par gramme de zinc dissous, ou 1.670 calories, g



Cuivre-Zinc. . . . . . . $E_p = \dfrac{139,0 - 88,8}{46,3} = 1,084$ volts

Plomb-Zinc. . . . . . . $E_p = \dfrac{123,2 - 88,8}{46,3} = 0,742$ —

Étain-Zinc. . . . . $E_p = \dfrac{120,4 - 88,8}{46,3} = 0,682$ —

Nickel-Zinc. . . . . . . $E_p = \dfrac{108,0 - 88,8}{46,3} = 0,414$ —

Cobalt-Zinc. . . . . . . $E_p = \dfrac{106,8 - 88,8}{46,3} = 0,388$ —

Cadmium-Zinc. . . . . . $E_p = \dfrac{105,4 - 88,8}{46,3} = 0,358$ —

Fer-Zinc. . . . . $E_p = \dfrac{101,6 - 88,8}{46,3} = 0,276$ —

IV

(Cd — M).

$\overset{+}{\text{Mercure}}$-$\overset{-}{\text{Cadmium}}$. . . $E_p = \dfrac{142,0 - 105,4}{46,3} = 0,790$ volts

Cuivre-Cadmium. . . . $E_p = \dfrac{139.0 - 105,4}{46,3} = 0,725$ —

Plomb-Cadmium. . . . $E_p = \dfrac{123,2 - 105,4}{46,3} = 0,367$ —

Étain-Cadmium. . . . . $E_p = \dfrac{120,4 - 105,4}{46,3} = 0,323$ —

Cadmium-Fer. . . . . $E_p = \dfrac{105,4 - 101,6}{46,3} = 0,081$ —

Nickel-Cadmium. . . . $E_p = \dfrac{108,0 - 105,4}{46,3} = 0,056$ —

Cobalt-Cadmium. . . . $E_p = \dfrac{106,8 - 105,4}{46,3} = 0,030$ —

V

(Fe — M).

$\overset{+}{\text{Mercure}}$-$\overset{-}{\text{Fer}}$. . . . . . $E_p = \dfrac{142,0 - 101,6}{46,3} = 0,872$ volts

Cuivre-Fer. . . . . . . $E_p = \dfrac{139,0 - 101,6}{46,3} = 0,807$ —

Plomb-Fer. . . . . $E_p - \dfrac{123,2 - 101,6}{46,3} = 0,466$ —

Étain-Fer. . . . . . . $E_p = \dfrac{120,4 - 101,6}{46,3} = 0,406$ —

Nickel-Fer. . . . . . . $E_p = \frac{108,0 - 101,6}{46,3} = 0,138$ volts

Cobalt-Fer. . . . . . . $E_p = \frac{106,8 - 101,6}{46,3} = 0,112$ —

VI

(Ni — M).

$\overset{+}{\text{Mercure}}$-$\overset{-}{\text{Nickel}}$. . . . . $E_p = \frac{142,0 - 108,0}{46,3} = 0,734$ volts

Cuivre-Nickel. . . . . . $E_p = \frac{139,0 - 108,0}{46,3} = 0,669$ —

Plomb-Nickel. . . . . . $E_p = \frac{123,2 - 108,0}{46,3} = 0,328$ —

Étain-Nickel. . . . . . $E_p = \frac{120,4 - 108,0}{46,3} = 0,267$ —

Nickel-Cobalt. . . . . . $E_p = \frac{108,0 - 106,8}{46,3} = 0,025$ —

VII

(Co — M).

$\overset{+}{\text{Mercure}}$-$\overset{-}{\text{Cobalt}}$. . . . . $E_p = \frac{142,0 - 106,8}{46,3} = 0,760$ volts

Cuivre-Cobalt. . . . . . $E_p = \frac{139,0 - 106,8}{46,3} = 0,695$ —

Plomb-Cobalt. . . . . $E_p = \frac{123,2 - 106,8}{46,3} = 0,356$ —

Étain-Cobalt. . . . . . $E_p = \frac{120,4 - 106,8}{46,3} = 0,293$ —

VIII

(Cu — M)

$\overset{+}{\text{Cuivre}}$-$\overset{-}{\text{Étain}}$. . . . . . $E_p = \frac{139,0 - 120,4}{46,3} = 0,401$ volts

Cuivre-Plomb. . . . . . $E_p = \frac{139.0 - 123,2}{46,3} = 0,341$ —

Mercure-Cuivre. . . . $E_p = \frac{142,0 - 139,0}{46,3} = 0,064$ —

IX

(Hg — M).

$\overset{+}{\text{Mercure}}$-$\overset{-}{\text{Étain}}$. . . . . $E_p = \frac{142,0 - 120,4}{46,3} = 0,466$ volts

Mercure-Plomb . . . . $E_p = \frac{142,0 - 123,2}{46,3} = 0,406$ —

X

(Pb — M).

$$\overset{+}{\text{Plomb}}\text{-}\overset{-}{\text{Étain}}\ldots\ldots\ E_p = \frac{123{,}0 - 120{,}4}{46{,}3} = 0{,}056 \text{ volts.}$$

Je vais maintenant montrer comment on doit calculer la force électromotrice des piles à un seul liquide.

Lorsqu'une pile est formée par un seul liquide, sa force électromotrice est égale à la différence des constantes thermiques du métal attaqué et de l'hydrogène dégagé divisée par le volt exprimé en calories.

La constante thermique de l'hydrogène est égale à $61^{cal},5$. Cette valeur a été obtenue, comme toutes les autres constantes thermiques, en retranchant de la chaleur de combinaison du chlorure de potassium dissous la chaleur de combinaison du chlorure d'hydrogène ou acide chlorhydrique également dissous.

Si l'on représente par ↄ la chaleur de combinaison de ces composés, l'on aura pour la constante thermique ou θ de l'hydrogène :

$$\text{ↄ}\,ClK - \text{ↄ}\,ClH = \theta_H.$$

En remplaçant ces symboles par leur valeur numérique l'on aura :

$$100^{cal},8 - 39^{cal},3 = 61^{cal},5.$$

Je suppose maintenant que l'on veuille déterminer la *fem* du couple zinc-cuivre et acide sulfurique dilué.

D'après la formule générale on aurait :

$$E_p = \frac{\theta_{H^2} - \theta_{Zn}}{V} \quad \text{ou} \quad E_p = \frac{2 \times 61{,}5 - 88{,}8}{46{,}3} = 0{,}7386 \text{ volts.}$$

La force électromotrice de ce même couple trouvée par expérience directe est égale à 0,81 volts.

Si la valeur trouvée expérimentalement est plus forte que celle indiquée par la théorie, cela est dû à ce que l'hydrogène dégagé pendant la décomposition de SO^4H^2 (et non pas de H^2O comme on le pense généralement) est absorbé partiellement par le cuivre, ce qui donne lieu à un dégagement de chaleur qui, en se transformant en énergie électrique, s'ajoute à la force *fem* primitive du couple et en accroît l'intensité. En effet, la *fem* de l'élément zinc-cuivre et acide sulfurique dilué varie non seulement avec la nature du métal inactif, mais encore suivant l'état physique de celui-ci, et c'est ce qui explique pourquoi la *fem* de ce couple n'a pas été trouvée la même par les divers expérimentateurs qui se sont occupés de cette détermination.

En effet :

Couple zinc-cuivre et acide sulfurique dilué.	0,81	Poggendorff.
	0,940 mx	Reynier.
	0,194 mn	
Couple zinc amalgamé cuivre et acide sulfurique dilué.	0,94	Poggendorff.
	1,072 mx	Reynier.
	0,272 mn	

M. Reynier a mesuré ces deux valeurs extrêmes au moyen de deux modèles de piles spécialement agencés dans ce but, qu'il a appelés *pile à maxima* et *pile à minima;* la première a son électrode positive 300 fois plus grande que la négative; dans la seconde, c'est au contraire l'électrode positive qui est très petite : on mesure sa *fem* après une longue fermeture en court circuit. Je ferai observer que cette méthode me paraît assez défectueuse; mais ce n'est pas le moment de discuter cette question, et je reviens au sujet de cette note.

En général la *fem* d'un couple quelconque M—M' est d'autant plus forte que la quantité d'hydrogène ab-

sorbé par le métal inactif est plus grande, et l'on peut se convaincre de ce fait par l'examen du tableau suivant :

Soit le couple :

$(Zn - M) + SO^4H^2$, Aq.

Zinc-Cuivre	0,94
— Argent	1,24
— Charbon	1,26
— Platine	1,44

Il est à observer que la *fem* du couple zinc-charbon n'est pas exacte, attendu qu'il résulte de mes expériences (*) que cette *fem* est bien supérieure à celle du couple zinc-platine. Ce fait, que j'ai constaté le premier, a été, depuis, confirmé par M. Berthelot et d'autres savants.

Il ressort du principe précédemment énoncé que *la* fem *d'une pile à un seul liquide est la même, quelle que soit la nature de l'acide employé, et qu'elle ne dépend que du métal attaqué.*

On doit cependant faire une exception pour les acides qui peuvent être réduits par l'hydrogène, ou plus exactement par H + cal. (**) comme serait le cas pour l'acide chromique, nitrique, etc.

Pour montrer maintenant l'exactitude du principe que je viens d'énoncer, je prendrai quelques exemples. Et tout d'abord, je dirai que la *fem* d'un couple à un seul liquide s'obtient en prenant la différence entre la

(*) Sur la force électromotrice du couple zinc-charbon, *Comptes rendus de l'Académie*, juin 1882.

(**) On pensait, autrefois, à expliquer ces sortes de réductions en admettant un état spécial, je dirai presque mystérieux, de l'hydrogène : *l'état naissant*. Depuis 1878, j'ai démontré que l'hydrogène, au moment où il a quitté une combinaison, doit ses propriétés réductives non pas à son état naissant, mais à la quantité de chaleur qui se dégage lorsqu'il est mis en liberté.

chaleur de combinaison du sel et de l'acide (et non pas de l'eau comme on le fait à tort) et divisant ensuite le résultat obtenu par le volt.

Dans le cas du couple (Zn — M) + SO^4H^2 Aq. on aurait :

$$E_p = \frac{\partial SO^4Zn - \partial SO^4H^2}{V}.$$

La chaleur de combinaison de l'acide sulfurique, ou plus exactement de $SO^4 + H^2$, est égale, d'après la loi, à $73^{cal},0$ et celle du sulfate de zinc à 107,2, et par conséquent on aurait :

$$E_p = \frac{107,2 - 73,0}{46,3} = 0,7386 \text{ volts.}$$

La chaleur de combinaison des autres acides, ou plus exactement la chaleur de combinaison de l'hydrogène avec les halogènes ou les radicaux acides s'obtient, d'après la loi des constantes thermiques, en retranchant des calories de combinaison des sels solubles de potassium la constante thermique de l'hydrogène $61^{cal},5$.

Ainsi la chaleur de combinaison de $SO^4 + H^2$ dissous, est égale à :

$$\partial SO^4K^2 - 2 \times \theta_H = \partial\, SO^4 + H^2,$$
$$196^{cal},0 - 2 \times 61^{cal},5 = 73^{cal},0.$$

L'acide bromhydrique aurait pour chaleur de combinaison :

$$\partial BrK - \theta_H = 91^{cal},0 - 61^{cal},5 = 29^{cal},5.$$

Les autres acides auraient pour calories de combinaison les valeurs suivantes :

Calories de combinaison des principaux acides à l'état dissous.

$(R + H) + Aq$ ou $(R'' + H^2) + Aq$ (*).

	Calories calculées (**).	Calories trouvées (***).
Acide chlorhydrique $Cl + H$	39,3	39,3
— bromhydrique $Br + H$. . . .	29,5	29,5
— iodhydrique $I + H$	13,2	13,2
— perchlorique $ClO^4 + H$	34,9	
— sulfurique $SO^4 + H^2$.	73,0	Ces calories n'ont pas
— chromique $CrO^4 + H^2$.	66,2	encore été détermi-
— acétique $(C^2H^3O^2) + H$ . . .	34,1	nées.
— oxalique $(C^2O^4)'' + H^2$	70,2	

Il s'agit maintenant de démontrer qu'un même couple donne toujours la même *fem* avec n'importe quel acide, pourvu que celui-ci, comme je l'ai déjà dit, ne soit pas réduit par l'hydrogène; soit, par exemple, le couple magnésium-platine plongeant dans diverses solutions acides, on aura, en négligeant les effets de polarisation, les forces électromotrices suivantes :

1° $(Mg - M) + SO^4H^2, Aq.$

$$ↄSO^4Mg - ↄSO^4H^2 = \frac{181,4 - 73,0}{46,3} = 2,341 \text{ volts.}$$

2° $(Mg - M) + 2ClH, Aq.$

$$ↄCl^2Mg - 2 \times ↄClH = \frac{187,0 - 2 \times 39,3}{46,3} = 2,341.$$

3° $(Mg - M) + 2C^2H^4O^2,$

$$ↄ(C^2H^3O^2)^2Mg - 2 \times ↄC^2H^4O^2 = \frac{176,6 - 2 \times 34,1}{46,3} = 2,341,$$

Comme l'on voit par ces exemples, la *fem* du couple magnésium-métal demeure la même, quelle que soit la solution acide dans laquelle il plonge.

Si l'on prenait le zinc au lieu du magnésium, on au-

(*) R = radical acide ou halogène monoatomique.
R'' = radical acide ou halogène diatomique.

(**) D'après la loi des constantes thermiques.

(***) Par MM. Thomsen et Berthelot.

rait une force électromotrice différente, mais qui serait la même pour tous les acides servant de liquide excitateur.

En effet :

1° $(Zn - M) + SO^4H^2$, Aq.

$$\text{ɔ}SO^4Zn - \text{ɔ}SO^4H^2 = \frac{107,2 - 73,0}{46,3} = 0,7386 \text{ volts.}$$

2° $(Zn - M) + 2 \times ClH$, Aq.

$$\text{ɔ}Cl^2Zn - 2 \times \text{ɔ}ClH = \frac{112,8 \quad 2 \times 39,3}{46,3} = 0,7386 \text{ volts.}$$

3° $(Zn - M) + 2 \times C^2H^4O^2$, Aq.

$$\text{ɔ}(C^2H^3O^2)^2Zn - 2 \times \text{ɔ}C^2H^4O^2 = \frac{102,4 - 2 \times 34,1}{46,3} = 0,7386.$$

Je dois faire observer que ces calculs ne seraient plus exacts si le métal inactif était attaqué par le liquide ; tel serait le cas, par exemple, des couples zinc-cuivre, zinc-aluminium, etc., plongeant dans l'acide chlorhydrique, bromhydrique, etc.

Je résumerai dans le tableau suivant la *fem* de quelques couples à un seul liquide :

Force électro-motrice des piles à un seul liquide.

(Ces couples sont formés par deux métaux plongeant dans le même liquide. Ce liquide se compose d'eau additionnée d'un acide quelconque, sulfurique, chlorhydrique, acétique, tartrique, etc., etc.)

I

$(Mg - M) + A$ (*).

Magnésium-Platine. . . .	$E_p = \frac{2 \times 61,5 - 14,6}{46,3} = 2,341$ volts. (for all six couples)
— Charbon. . .	
— Cuivre. . . .	
— Argent. . . .	
— Aluminium. .	
— Or.	

(*) M = Métal.
A = Acide étendu d'eau.

II

(Zn — M) + A.

Zinc-Platine.......
— Charbon.......
— Cuivre.......
— Argent.......
— Aluminium.....
— Or..........

$$E_p = \frac{2 \times 61,5 - 88,8}{46,3} = 0,7386 \text{ volts.}$$

III

(Cd — M) + A.

Cadmium-Platine....
— Charbon....
— Cuivre.....
— Argent.....
— Aluminium..
— Or.......

$$E_p = \frac{2 \times 61,5 - 105,4}{46,3} = 0,3801 \text{ volts.}$$

IV

(Fe — M) + A.

Fer-Platine........
— Charbon.......
— Cuivre........
— Argent........
— Aluminium.....
— Or..........

$$E_p = \frac{2 \times 61,5 - 101,6}{46,3} = 0,4622 \text{ volts.}$$

V

(Sn — M) + A.

Étain-Platine.......
— Charbon......
— Cuivre.......
— Argent.......
— Aluminium.....
— Or.........

$$E_p = \frac{2 \times 61,5 - 120,4}{46,3} = 0,0561 \text{ volts.}$$

Dr D. TOMMASI.

CHRONIQUE.

Loi du 20 décembre 1884 concernant la répression des infractions à la convention internationale du 14 mars 1884, relative à la protection des câbles sous-marins.

TITRE Ier.

Dispositions spéciales aux eaux non territoriales.

Art. 1er. Les infractions à la convention internationale du 14 mars 1884, ayant pour objet d'assurer la protection des câbles sous-marins, qui seront commises par tout individu faisant partie de l'équipage d'un navire français, seront jugées par le tribunal correctionnel, soit de l'arrondissement où sera situé le port d'attache du bâtiment du délinquant, soit de l'arrondissement du premier port de France dans lequel sera conduit le bâtiment.

Art. 2. Les poursuites auront lieu à la diligence du ministère public, sans préjudice du droit des parties civiles.

Art. 3. Les procès-verbaux dressés conformément à l'article 18 de la convention du 14 mars 1884 ne seront point soumis à l'affirmation; ils font foi jusqu'à inscription de faux.

A défaut de procès-verbaux, ou en cas d'insuffisance de ces actes, les infractions pourront être prouvées par témoins.

Art. 4. Sera puni d'une amende de 5 à 100 francs et d'un

emprisonnement de deux à dix jours quiconque se sera refusé à exhiber les pièces nécessaires pour rédiger les procès-verbaux prévus par l'article précédent.

Art. 5. Toute attaque, toute résistance avec violence et voies de fait envers les personnes ayant qualité, aux termes de l'article 10 de la convention du 14 mars 1884, à l'effet de dresser procès-verbal, dans l'exercice de leurs fonctions, sera punie des peines appliquées à la rébellion, suivant les distinctions établies au Code pénal.

Art. 6. Sera puni d'une amende de 16 à 300 francs :

1° Le capitaine d'un bâtiment qui, occupé à la réparation où à la pose d'un câble sous-marin, n'observera pas les règles sur les signaux adoptés en vue de prévenir les abordages;

2° Le capitaine ou patron de tout bâtiment qui, apercevant ou étant en mesure d'apercevoir ces signaux, ne se retirera pas ou ne se tiendra pas éloigné d'un mille nautique au moins du bâtiment occupé à la pose ou à la réparation d'un câble sous-marin;

3° Le capitaine ou patron de tout bâtiment qui, voyant ou étant en mesure de voir les bouées destinées à indiquer la position des câbles, ne se tiendra pas éloigné de la ligne des bouées d'un quart de mille nautique au moins.

Art. 7. Sera puni d'une amende de 16 à 300 francs et pourra être puni d'un emprisonnement de un à cinq jours :

1° Le capitaine ou patron de tout bâtiment qui aura jeté l'ancre à moins d'un quart de mille nautique d'un câble sous-marin dont il est en mesure de connaître la position au moyen de lignes de bouées ou autrement, ou sera amarré à une bouée destinée à indiquer la position du câble, sauf les cas de force majeure;

2° Le patron de tout bateau de pêche qui ne tiendra pas ses engins ou filets à un mille nautique au moins du bâtiment occupé à la pose ou à la réparation d'un câble sous-marin; toutefois les bateaux de pêche qui aperçoivent ou sont en mesure d'apercevoir le bâtiment télégraphique portant les signaux adoptés auront, pour se conformer à l'avertissement le délai nécessaire pour terminer l'opération en cours, sans que ce délai puisse dépasser 24 heures;

3° Le patron de tout bateau de pèche qui ne tiendra pas ses engins ou filets à un quart de mille nautique au moins de la ligne des bouées destinées à indiquer la position des câbles sous-marins.

Art. 8. Sera puni d'une amende de 16 à 300 francs et pourra être puni d'un emprisonnement de six jours à deux mois :

1° Quiconque par négligence coupable, et notamment dans les cas visés par les articles 6 et 7, aura rompu un câble sous-marin ou lui aura causé une détérioration qui pourrait avoir pour résultat d'interrompre ou d'entraver, en tout ou en partie, les communications télégraphiques;

2° Le capitaine de tout bâtiment qui, occupé à la pose ou à la réparation d'un câble sous-marin, sera cause, par l'inobservation des règles sur les signaux adoptés en vue de prévenir les abordages, de la rupture ou de la détérioration d'un câble commise par tout autre navire.

Art. 9. Sera puni d'une amende de 16 à 300 francs et pourra être puni d'un emprisonnement de six jours à deux mois :

1° Quiconque aura fabriqué, détenu hors de son domicile, mis en vente, embarqué ou fait embarquer des instruments ou engins servant exclusivement à couper ou à détruire des câbles sous-marins;

2° Quiconque aura fait usage des mêmes instruments ou engins.

Art. 10. Sera puni d'une amende de 300 à 1.000 francs et d'un emprisonnement de trois mois à cinq ans, quiconque aura volontairement rompu un câble sous-marin ou lui aura causé une détérioration qui pourrait interrompre ou entraver, en tout ou en partie, les communications télégraphiques.

Les mêmes peines seront prononcées contre les auteurs des tentatives des mêmes faits.

Le coupable pourra, en outre, être mis sous la surveillance de la haute police pendant dix ans au plus, à partir du jour où il aura subi sa peine.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliquent pas aux personnes qui auraient été contraintes de rompre un câble sous-marin ou de lui causer une détérioration, par la nécessité

actuelle de protéger leur vie ou d'assurer la sécurité de leur navire.

TITRE II.

Dispositions spéciales aux eaux territoriales.

Art. 11. Les dispositions des articles 4, 6 à 10 ci-dessus seront observées dans le cas où l'infraction aurait été commise dans nos eaux territoriales par tout individu faisant partie de l'équipage d'un navire quelconque, français ou étranger, sans préjudice des dispositions de l'article 4 du décret du 27 décembre 1851.

Art. 12. Les infractions poursuivies aux termes de l'article précédent seront jugées par le tribunal correctionnel soit du port d'attache du navire sur lequel est embarqué le délinquant, soit du premier port français où ce navire abordera, soit du lieu du délit.

Art. 13. Les infractions commises dans nos eaux territoriales seront établies par procès-verbaux et, à défaut de procès-verbaux, par témoins.

Art. 14. Les procès-verbaux prévus à l'article précédent seront dressés :

Par les officiers commandant tous les navires de guerre français ;

Par tous officiers de police judiciaire ;

Par tous officiers de police municipale assermentés ;

Par les autres fonctionnaires énumérés aux articles 10 du décret du 27 décembre 1851, 16 du décret du 9 janvier 1852.

Toute attaque, toute résistance avec violences et voies de fait envers les agents ayant qualité, aux termes des dispositions ci-dessus, pour dresser procès-verbal, dans l'exercice de leurs fonctions, sera punie des peines appliquées à la rébellion suivant les distinctions établies au Code pénal.

Art. 15. Les procès-verbaux dressés par les officiers commandant les navires de guerre français ne sont point soumis à l'affirmation ; ils font foi jusqu'à inscription de faux.

Les procès-verbaux dressés par tous autres agents ayant qualité à cet effet aux termes de l'article 14, ont la force pro-

bante et sont soumis aux formalités réglées par les lois spéciales, notamment les articles 10 et 11 du décret du 27 décembre 1851, 17 et 20 du décret du 9 janvier 1852.

TITRE III.

Dispositions générales.

Art. 16. Le délinquant, dans le cas de l'article 8, § 1er, sera tenu, dans les vingt-quatre heures de son arrivée, de donner avis aux autorités locales du premier port où le navire sur lequel il est embarqué abordera, de la rupture ou de la détérioration du câble sous-marin dont il se serait rendu coupable.

A défaut de déclaration, les peines encourues seront élevées jusqu'au double.

Dans le cas de l'article 10, § 4, l'auteur de la rupture ou détérioration sera tenu, sous peine d'une amende de 16 à 100 francs, de faire la déclaration ci-dessus.

Art. 17. En cas de récidive, le maximum des peines édictées ci-dessus sera prononcé ; ce maximum pourra être élevé jusqu'au double.

Il y a récidive :

1° Pour les faits prévus par les articles 6, 7, 8 et 9 de la présente loi, lorsque, dans les deux années qui précèdent, il a été rendu contre le contrevenant un jugement définitif pour infraction aux dispositions des dits articles ;

2° Pour les faits prévus par l'article 10, lorsque, à une époque quelconque, il a été rendu contre le délinquant un jugement définitif pour infraction aux dispositions de cet article.

Art. 18. Seront déclarés responsables des amendes prononcées pour infraction à la présente loi et des condamnations civiles auxquelles ces infractions pourraient donner lieu, les armateurs des navires, qu'ils en soient ou non propriétaires, à raison des faits de l'équipage de ces navires.

Les autres cas de responsabilité civile seront réglés conformément aux dispositions de l'article 1384 du Code civil.

Art. 19. En cas de conviction de plusieurs infractions prévues

par la présente loi, la peine la plus forte sera seule prononcée.

Art. 20. L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations prononcées pour infractions à la présente loi.

Fait à Paris . . . . .

BIBLIOGRAPHIE.

Lois et Origines de l'électricité atmosphérique, par Luigi Palmieri. — Traduit de l'italien par MM. Paul Marcillac et A. Brunet (Paris, Gauthier-Villars).

MM. Marcillac et Brunet viennent de publier la traduction d'un intéressant mémoire de M. Luigi Palmieri, directeur de l'Observatoire du Vésuve, sur les lois et origines de l'électricité atmosphérique.

Ce travail contient la description des appareils imaginés et employés par M. Palmieri pour l'étude de l'électricité atmosphérique (électromètre bifilaire, appareil à conducteur mobile, appareil portatif), et le résumé des principaux résultats qu'on peut déduire de ses expériences qui datent de plus de trente ans. M. Palmieri préfère les observations faites à des intervalles rapprochés à celles que peuvent donner les appareils enregistreurs à indications continues, parce que l'expérimentateur peut souvent, en examinant l'état du ciel, découvrir la cause des variations électriques et reconnaître leur origine. Il semble que les deux systèmes d'observations ne s'excluent pas; ils doivent, au contraire, se compléter et l'on aurait tort d'abandonner complètement l'un des deux.

On sait que, par les temps calmes et sereins, la surface du sol est électrisée négativement, tandis que l'air, à une hauteur plus ou moins grande, possède de l'électricité positive dont la

tension varie un peu suivant l'heure de la journée et atteint deux maxima, le premier vers neuf heures du matin et le second quelque temps après le coucher du soleil. Ces deux couches électriques sont séparées par la couche d'air isolante qui avoisine le sol; l'électricité à la surface de la terre est induite par le fluide des régions supérieures de l'atmosphère; elle varie chaque jour d'une manière continue et à peu près régulière par les beaux temps. M. Palmieri a constaté au Vésuve deux maxima journaliers avec quelques légères modifications dans les heures généralement admises.

Par les temps de pluie, l'électricité atmosphérique subit de grandes variations; dès 1854, M. Palmieri a formulé la loi suivante qui a été confirmée par toutes les expériences ultérieures : « Là où tombe la pluie, on trouve de fortes traces d'une quantité d'électricité positive qui est entourée d'une zone plus ou moins étendue d'électricité négative à laquelle succède une nouvelle zone positive, qui va en diminuant à une certaine distance. » D'après lui, on devrait considérer tout nuage lorsqu'il se résout en pluie comme une source continue d'électricité, qui, lorsqu'elle ne peut se dissiper par l'humidité de l'air ambiant, se décharge sous forme de foudre, soit entre les nuages eux-mêmes, soit entre les nuages et le sol placé en dessous. On s'expliquerait ainsi comment, pendant un même orage, une série indéfinie d'éclairs peut jaillir d'un même nuage, l'électricité tendant à se développer pendant la résolution du nuage en eau.

Enfin M. Palmieri a constaté à plusieurs reprises des manifestations électriques pendant les éruptions du Vésuve; l'effet produit consisterait principalement, suivant lui, en ce que la cendre en tombant prendrait, en se rapprochant du sol de l'électricité négative qui réagirait par influence sur l'électricité des volutes de fumée dont elle s'éloigne.

Nécrologie.

. Henri-Édouard TRESCA.

Les sciences mécaniques et électriques viennent d'éprouver une nouvelle perte dans la personne d'un de leurs maîtres les plus vaillants et les plus infatigables. Henri Tresca est décédé le 21 juin dernier. Sa vie active et ses importants travaux ont été décrits dans le discours prononcé à ses obsèques par M. Maurice Lévy, au nom de l'Académie des sciences, et que nous reproduisons ici :

« Membre de l'Académie des sciences, membre et plusieurs fois président de la Société des ingénieurs civils, vice-président de la Société d'encouragement, membre du conseil supérieur de l'enseignement technique, président du conseil de perfectionement de l'École centrale, membre du conseil du Conservatoire des arts et métiers, président de la commission des poids et mesures, secrétaire de la section française de la commission du mètre, vice-président de la Société des électriciens, membre et, depuis la mort de Le Verrier, président de la commission d'unification de l'heure, il était partout présent et partout actif, préparé à toutes les questions, toujours prêt à prendre la parole en public ou dans les commissions; véritable accapareur du travail, il commençait toujours par se charger de la part la plus lourde, ne trouvant jamais, quand l'intérêt de la science ou le bien public étaient en cause, aucune tâche ingrate, aucun effort au-dessus de sa volonté.

« Vendredi dernier, il assistait à la réunion hebdomadaire de la Société des ingénieurs civils, plein de vie, remplissant la séance de cette parole calme et persuasive, toujours écoutée, que l'Académie connaît si bien.

« En sortant de la salle, il s'affaissa pour ne plus se relever.

« Dimanche, il rendait le dernier soupir, sans avoir souffert, sans avoir repris connaissance.

« S'il avait eu à choisir sa mort, il l'eût souhaitée telle.

« Henri-Édouard Tresca est né à Dunkerque le 12 octobre 1814. Il fut reçu à l'École de Saint-Cyr en 1832; mais ses goûts et ses aptitudes pour les sciences le portaient tout naturellement vers l'École Polytechnique.

« Il y fut admis en 1833, après avoir remporté (au concours général) le premier prix de physique de la classe de mathématiques spéciales. Il sortit de l'École dans les ponts et chaussées, mais n'y resta pas longtemps. Nommé élève-ingénieur en 1835, il donna sa démission en 1841 pour exercer la profession d'ingénieur civil.

« Il commença par la construction de deux usines pour la fabrication de l'acide stéarique et la distillation des huiles minérales, trouvant, chemin faisant, un nouveau moyen d'extraction des huiles et un vérin hydraulique portatif qu'il proposait d'appliquer au pesage des voitures sur les routes.

« Il cherchait alors sa voie. Mais un homme de sa trempe n'est pas long à découvrir le fil d'Ariane qui le conduira désormais sûrement dans le labyrinthe de la vie.

« Il le trouva à l'Exposition de Londres en 1850.

« C'était la première Exposition universelle. Tout était à créer.

« M. Tresca fut nommé ingénieur chargé du classement des produits français.

« Son activité et ses connaissances étendues appelèrent bien vite l'attention sur lui et, en 1852, il entrait dans ce Conservatoire des arts et métiers, auquel il consacrera le meilleur de sa vie, auquel son nom, avec celui de Charles Dupin et du général Morin, restera attaché.

« En 1854, il succéda au général Morin dans sa chaire de mécanique, fut nommé membre du jury chargé de désigner le personnel de nos écoles d'arts et métiers et inspecteur de ces écoles.

« A partir de 1854, le nom de M. Tresca va grandissant et sa carrière s'élargissant rapidement. L'École centrale et l'Institut agronomique, à l'exemple du Conservatoire, vont bientôt lui confier leurs cours de mécanique appliquée. Ses expériences feront loi, non seulement en France, mais aussi à l'étranger. Les architectes et les ingénieurs en accepteront les résultats et iront puiser largement dans ses procès-

verbaux d'expériences, d'abord simplement manuscrits, et, plus tard, publiés, en grande partie, dans les *Annales du Conservatoire*, une de ses créations.

« Mais ce qu'il plaçait au-dessus de tous les services qu'il rendait ainsi à l'industrie, ce qui l'a préoccupé sans cesse, dans les vingt dernières années de sa vie, ce sont ses études nombreuses, variées, théoriques et appliquées sur ce qu'avec une grande audace, mais une parfaite justesse, il a appelé *l'écoulement des solides*.

. . . .

« Il semble que, chez M. Tresca, l'acuité d'esprit et l'aptitude à se mettre au courant de questions nouvelles n'aient fait que croître avec l'âge.

« Il en a donné une dernière preuve bien frappante lors de l'Exposition d'électricité de 1881.

« Il y entra novice et en sortit oracle.

« Parmi les physiciens de profession et de grand renom qui concoururent aux essais des appareils exposés, quoique non préparé, il prit immédiatement la tête; cela est si vrai que, depuis, il ne peut plus être question d'expériences à entreprendre sur la lumière électrique ou le transport de la force par l'électricité sans que son nom vienne sur toutes les lèvres.

« A l'avenir il n'en sera plus parlé sans qu'un soupir s'échappe de tous les cœurs, et les électriciens se joindront aux mécaniciens pour pleurer sur une aussi grande perte. »

M. Fleeming JENKIN.

Nous avons le regret d'apprendre la mort de M. Fleeming Jenkin, professeur à l'université d'Edimbourg.

M. Jenkin était très connu par ses savantes communications aux diverses sociétés scientifiques de l'Angleterre et par ses ouvrages d'électricité. Son *Traité d'électricité et de magnétisme* notamment, dont la septième édition a été traduite

récemment en français par MM. Berger et Croullebois, est devenu classique.

On connaît les belles expériences faites à Londres, en 1863 et 1864, par M. Jenkin, pour la première détermination de l'unité absolue de résistance. Il a pris une part active aux travaux de la conférence internationale des Électriciens en 1884 et a contribué à faire adopter le chiffre de 106 centimètres pour la longueur de la colonne de mercure d'un millimètre carré de section qui représente l'Ohm légal, tout en reconnaissant que le chiffre 106,2 se rapproche plus de la véritable valeur de l'Ohm théorique.

Dans les dernières années de sa vie, il s'occupait du système de chemin de fer connu sous le nom de *telpherage*, auquel il avait apporté de grands perfectionnements avec le concours de MM. Ayrton et Perry.

Sa mort est une grande perte pour la science électrique.

Le Gérant: Dunod. — Imprimerie C. Marpon et E. Flammarion, 26, rue Racine.

verbaux
plus t
Con
r

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 Juillet-Août

VISITE
A L'EXPOSITION D'ANVERS

L'exposition universelle d'Anvers est édifiée à quelques pas de ces magnifiques bassins maritimes où flottent les pavillons de toutes les nationalités ; double attraction dont ne manqueront pas de bénéficier les intérêts de la nation intelligente et active qui l'a créée.

L'entrée principale s'ouvre sur un jardin où sont disséminés des kiosques, pavillons et chalets, parmi lesquels on remarque notamment celui des colonies françaises qui leur fait le plus grand honneur.

La façade rappelle celle du palais de l'Industrie de Paris pour la forme de son portique ; elle est flanquée de deux tourelles qui n'ont aucun caractère artistique, comme du reste tout l'ensemble des bâtiments, vaste construction en bois sans lendemain.

Au portique correspond la grande nef intérieure de l'Exposition, affectée à la Belgique ; elle est prolongée par une galerie consacrée à la France ; de chaque côté,

et normalement à sa direction, viennent aboutir des galeries latérales attribuées aux exposants des diverses nationalités, mais sans ligne de démarcation suffisamment définie, de sorte que l'on ne sait où commence la France et où finit la Belgique, si l'on est encore en Autriche ou si l'on a déjà pénétré dans le domaine de l'Italie.

Pour les recherches, le groupement laisse donc à désirer; mais ce fouillis, que l'on peut critiquer au point de vue de l'étude et de la méthode, est loin d'être déplaisant à l'œil. Les drapeaux et oriflammes de toutes couleurs, les tentures de riches étoffes forment, avec les vitrines des exposants, un ensemble qui a le chatoiement du kaléidoscope et compose un tableau très riant.

A l'extrémité de la grande galerie est un escalier dont le palier supérieur domine de quelques mètres la salle des machines, vaste hangar mesurant plus de 100 mètres de long et 90 de large, et se prolonge sur trois côtés de celle-ci au moyen de galeries où le public est admis à circuler.

Du haut de ces galeries l'œil embrasse toutes les machines, reconnaît leur provenance grâce aux enseignes visibles de tous côtés; et, malgré l'absence de toute démarcation entre les nationalités des exposants, le visiteur peut se diriger vers l'objet de ses études sans perdre son temps en recherches vaines.

Enfin, le public amateur peut satisfaire sa curiosité dans une certaine limite et se rendre compte, par son ensemble, des puissants moyens d'action que l'industrie a créés et peut mettre en jeu.

Cette disposition, toutes les fois qu'elle pourrait être introduite dans le plan général des expositions,

serait certainement très heureuse et rallierait beaucoup de suffrages. Elle m'a paru produire sur le public l'effet le plus satisfaisant.

Dans cette exhibition des produits de l'activité humaine, quelle est la part de l'électricité?

Disons tout d'abord que sur vingt-trois nations qui sont représentées à l'Exposition d'Anvers, quatre seulement sont inscrites à la 4e section; et encore l'une d'elles, l'Angleterre, n'y figure que par un constructeur dont les produits sont absolument dénués d'intérêt.

Nous ne nous arrêterons donc qu'aux exposants de la Belgique, de la France et de l'Allemagne; et voici les impressions que nous rapportons des visites que nous leur avons faites.

I. — TÉLÉGRAPHIE.

§ 1. — *Matériel de poste.*

L'administration belge est le seul office d'État qui ait une exposition spéciale; c'est, comme d'habitude, un musée à la fois rétrospectif et d'actualité.

Nous y trouvons trois appareils Hughes, quelques Morse qui ne présentent aucune particularité et n'y ont de raison d'être que parce qu'ils ont été fabriqués par l'industrie belge.

Nous remarquons encore quelques spécimens de Morse aux vitrines Richez et de Vos (section belge) et à celle de M. Mors (section française), qui est très complète, mais riche surtout en objets commerciaux et sans originalité, tels que boutons de sonneries électriques, trembleurs, etc., que nous retrouvons chez plu-

sieurs exposants sous des formes qui n'ont aucun cachet caractéristique.

Nous apercevons encore chez M. Mors deux boîtes-poste analogues à celles qui sont installées en France dans les bureaux municipaux et qui n'en diffèrent pas d'une manière sensible.

Les piles qui sont exposées dans plusieurs vitrines sont presque toutes de types connus. Le modèle Leclanché domine (exposition Barbier, de Paris).

Nous voyons ailleurs :

1° L'élément Warnon où les agglomérés de peroxyde de manganèse sont remplacés par deux sacs contenant du graphite et du peroxyde de manganèse et accolés au charbon de l'électrode positive au moyen de deux cordelettes en chanvre. Cette disposition paraît imaginée pour diminuer la résistance de la pile, mais nous ne pensons pas qu'elle soit avantageuse ; et, par contre, nous croyons que les sacs contenant les matières dépolarisantes sont exposés à une destruction rapide.

2° La pile Montaud, zinc, bisulfate de soude ou d'ammoniaque et peroxyde de plomb, dont nous faisons l'essai depuis quelque temps et que nous serons bientôt en mesure d'apprécier.

3° La maison Barbier (place du Panthéon, à Paris) qui expose différents types de la pile de Lalande et Chaperon, zinc, potasse et oxyde de cuivre, qui nous est depuis longtemps familière et que nous employons avec succès pour les auditions téléphoniques théâtrales.

Nous n'avons trouvé nulle part d'accumulateurs indiqués pour remplacer les piles dans les bureaux télégraphiques. Il paraît cependant que le post-office de

Londres qui en emploie y trouve de très sérieux avantages lorsqu'il s'agit de desservir avec le même groupe un grand nombre de directions.

Nous nous proposons de faire un essai analogue dans d'autres conditions.

§ 2. — *Matériel de ligne.*

Le matériel que comporte l'établissement des lignes aériennes ou souterraines n'offre aucune nouveauté.

Les isolateurs de différents modèles exposés dans la section belge et par quelques constructeurs français sont de types très connus ; et l'administration française ne trouverait là aucun exemple à suivre.

La maison Felten et Guillaume a envoyé des spécimens de fils de fer, acier et cuivre, de différents modèles pour lignes télégraphiques aériennes ou fabrication de câbles. Nous n'y avons puisé aucune indication nouvelle sur la valeur des produits de cet important établissement. Nous en dirons autant de l'exposition Montefiore (fils de bronze phosphoreux).

Les usines Ménier et Gray (Persan-Beaumont) ont une exposition complète (la première surtout) de câbles, fils recouverts, isolants en caoutchouc et ébonite. Mais c'est plutôt là une exhibition commerciale que scientifique, et nous n'avons à y chercher aucun enseignement.

L'ancienne usine Rattier n'a exposé aucun de ses produits.

II. — TÉLÉPHONIE.

Depuis l'Exposition spéciale de 1881 il n'a pas été apporté dans le microphone à pile d'améliorations qui constituent un véritable progrès. Les types créés à cette époque, Ader, Berliner, Blacke, sont encore ceux qui ont aujourd'hui le plus de vogue. Les dérivés connus sous les noms de Maiche, de Van Rysselberghe, de Dejongh, de Journault leur sont peut-être équivalents mais non supérieurs, et l'Exposition d'Anvers, qui est absolument dénuée d'intérêt sous ce rapport, fournit une preuve nouvelle d'un temps d'arrêt dans la marche progressive des transmetteurs à courant primaire ou secondaire.

Quant aux téléphones magnétiques nous y avons constaté avec plaisir le succès de l'appareil qu'a imaginé le docteur Ochorowicz et que nous avons déjà soumis à de nombreux essais depuis quelques mois; nous ne parlons pas de son transmetteur à courant direct qui donne, dans certaines conditions, des résultats surprenants, mais que des difficultés de réglage rendent encore très peu pratique.

Un poste complet comprenant trois téléphones Ochorowicz, dont un pour transmetteur et l'un des autres pour récepteur avec un rappel magnétique Abdanck, suffisent certainement à l'échange de conversations peu actives et dans un rayon de 10 à 15 kilomètres; et, pour cet usage limité, il sera peut-être préférable au microphone à pile, instrument plus puissant mais plus complexe et sujet à dérangement.

La transmission de sons musicaux a été réalisée

entre Bruxelles et Anvers au moyen d'un circuit constitué par le procédé Van Rysselberghe ; ce n'est pas un des moindres attraits de l'Exposition, à notre point de vue particulier du moins.

On sait que M. Van Rysselberghe a trouvé le moyen de correspondre simultanément par le même fil, à l'aide d'appareils télégraphique et téléphonique.

A cet effet, il intercale dans le conducteur, à chacune de ses extrémités et de chaque côté de l'appareil télégraphique, un électro-aimant dont la fonction est d'accroître la durée de la période variable du courant. Il place, en outre, un condensateur entre la borne de ligne et celle de terre de l'appareil ; enfin, le téléphone est monté sur une dérivation de la ligne dans laquelle est interposé un condensateur d'un tiers de microfarad.

Pour constituer un circuit téléphonique à longue distance, il faut prendre deux conducteurs munis des appareils anti-inducteurs Van Rysselberghe et autant que possible situés à égale distance de tous les autres fils de la même ligne pour qu'ils n'en ressentent pas l'influence.

C'est dans ces conditions que trente-six conducteurs télégraphiques aboutissant au bureau central de Bruxelles (gare du Nord) ont été appropriés pour former dix-huit circuits téléphoniques; cinq de ceux-ci sont affectés à la correspondance parlée entre Bruxelles et Anvers, et c'est l'un d'eux qui sert aux expériences d'auditions musicales publiques.

Les transmetteurs sont établis au Vauxhall de Bruxelles, concert en plein air, dans le genre de celui qui existait, il n'y a pas longtemps encore, derrière le palais de l'Industrie, à Paris. Ils sont fixés sur deux

colonnes au moyen de tiges articulées en deux groupes de quatre, et tous associés en quantité pour former avec la pile et le fil induit d'une bobine un seul et même circuit. L'induit de cette bobine, dont les extrémités sont reliées aux deux fils de ligne, a une résistance de 200 ohms.

Les microphones sont à huit rangées de charbon parallèles reliés en quantité, système qui n'est qu'une variante du transmetteur Ader.

Ils dominent la partie de l'orchestre composée de violons et violoncelles, c'est-à-dire des instruments les moins sonores, et on les incline de telle sorte qu'ils en recueillent les sons dans les meilleures conditions possible.

La pile inductrice est constituée avec trois accumulateurs petit modèle.

A Anvers, 70 téléphones Bell à aimant droit, très ordinaires, sont installés par groupes de 10 en tension sur 7 dérivations des deux fils de ligne formant le circuit.

Trente-cinq personnes peuvent donc entendre à la fois.

Bien que la musique d'orchestre ainsi perçue, soit faible, sans toutefois perdre de sa netteté, bien que la voix humaine et les accompagnements arrivent difficilement à l'oreille, ce résultat me semble très remarquable, en raison de la distance à franchir, de la résistance des condensateurs intercalés et du nombre des téléphones récepteurs actionnés.

Le circuit constitué par le procédé Van Rysselberghe n'est pas absolument à l'abri de l'induction parce que tous les fils qui suivent le même parcours ne sont pas pourvus d'appareils anti-inducteurs, mais

les bruits qui résultent de leur voisinage sont très peu intenses et ne troublent pas la perception des sons musicaux.

Nous avons vu dans l'exposition de l'administration belge une cabine téléphonique dont nous avons tenu à vérifier l'aphonie. Nous avons constaté que ce résultat était loin d'être atteint et que celles qui ont été construites en France et sont en usage à Paris assurent au public des garanties de discrétion bien plus complètes.

Enfin, nous n'avons trouvé nulle trace de système imaginé en vue de l'établissement de réseau téléphonique urbain en tranchée.

C'est cependant un problème qui devrait hanter les esprits des inventeurs en présence des difficultés que soulève l'exécution des réseaux téléphoniques aériens dans les centres de population.

En Belgique, ces communications, toutes aériennes, sont supportées sur les toits des habitations par d'énormes charpentes qui produisent l'effet le plus disgracieux et sont une sujétion à coup sûr compromettante. Il est à désirer que cette question pleine d'actualité trouve, à brève échéance, une solution qui sauvegarde tous les intérêts.

III. — LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Toutes les machines électriques destinées à produire la lumière ou le transport de force dérivent du type imaginé par Gramme. Depuis cette dernière création, on a cherché à y introduire des perfectionnements ou modifications qui ont pour but de resserrer le champ

magnétique de manière à donner plus de puissance à la machine et à améliorer son rendement.

La machine Siemens est une de celles qui, sous ce rapport, réalisent les meilleures dispositions.

Mais, en somme, la différence est assez peu sensible entre tous les modèles produits jusqu'à ce jour ; et, en ce qui touche la lumière électrique, les recherches doivent, à notre avis, se porter principalement sur le système de régulateur et sur la quantité des charbons pour les lampes à arc, sur le mode de canalisation et sur un appareil de mesure de consommation d'électricité pour les lampes à incandescence.

Nous ne trouvons à l'exposition belge rien qui ait trait à ces deux dernières questions, d'ordre capital cependant lorsqu'il s'agit de distribuer la lumière électrique à domicile, et ce que nous y avons vu, comme spécimen de lampes à incandescence, ne nous a rien appris. On parle toutefois avec éloge de celle que construit M. Gérard et dont le fil est formé de charbon aggloméré et n'emprunte aucune matière végétale. Elle exige un courant de forte intensité, mais sa lumière parait plus fixe et sa durée plus longue.

Pour les lampes à arc, comme les salles de l'exposition n'étaient point éclairées pendant notre séjour à Anvers, c'est dans le jardin, illuminé le soir jusqu'à onze heures, que nous avons pu apprécier les différents régulateurs employés à son éclairage, au nombre de quarante environ.

Ils sont des systèmes Brush, Puydt et Schuckert. Le premier système, que nous avons essayé il y a trois ans au Carrousel, et qui manquait de fixité, ne nous a pas semblé avoir été amélioré.

Les deux autres donnent une lumière stable, cer-

tainement comparable et peut-être supérieure à celle de la lampe Cance, dont nous nous servons au poste central de Paris.

La lampe Puydt a un pouvoir éclairant de 150 carcels; elle exige une intensité de 12 ampères et de 70 volts environ. Cinq foyers sont placés en dérivation sur une machine Gramme. Les douze lampes qui sont installées autour du kiosque de musique de l'exposition produisent très bon effet et ont un tel éclat, que l'on est obligé de les placer à une grande hauteur pour ne pas fatiguer la vue.

Il y a donc des progrès réalisés de ce côté, et l'arc voltaïque est devenu un procédé pratique d'éclairage même pour des salles où le travail impose une lumière intense et fixe. Mais il n'est applicable que dans certaines circonstances particulières; il ne convient que pour les grands espaces où les ombres portées ne sont pas à craindre, et où l'on dispose d'une hauteur suffisante pour éviter toute fatigue à l'œil.

L'incandescence qui se prête à la division de la lumière est, dans beaucoup de cas, son complément indispensable; tous deux s'harmonisent d'ailleurs à souhait, et l'on construit des machines dynamos qui les produisent l'un et l'autre à la fois. La vulgarisation du système n'est en somme qu'une question économique. J'ai la conviction que la lumière électrique est encore un objet de luxe et qu'elle le sera tant qu'on n'en fera pas usage sur une grande échelle, pour éclairer, sinon des villes, du moins des quartiers tout entiers. Mais il faut reconnaître que le problème est complexe.

L'emploi de l'électricité, sur le vieux continent du moins, est jusqu'ici, très limité, sauf à Milan, où la Société Edison a monté une station centrale qui

développe ses conduites dans un rayon d'un kilomètre, nous ne voyons que des sociétés qui se disputent des installations restreintes, plutôt comme réclame que dans l'espoir de bénéfices et dans des conditions sérieuses de vitalité.

Ces efforts multipliés, aujourd'hui peu rémunérateurs, ne seront cependant pas stériles; c'est grâce à eux que se prépare à grands pas la solution de l'avenir. En Amérique, où les audaces ne se comptent plus, la Compagnie Weston étend son réseau sur une partie de New-York, qu'elle éclaire au moyen de 7,000 lampes à incandescence, et de plus de 1,400 arcs; il est bon d'ajouter qu'elle a été autorisée à installer des conducteurs aériens et a pu ainsi réduire dans une large mesure ses dépenses de premier établissement.

L'entreprise est puissante, et si elle tient debout, le problème à l'étude est bien près d'être résolu.

IV. — TRANSPORT DE FORCE

Le transport de force par l'électricité est un des problèmes à l'ordre du jour qui préoccupent le plus l'opinion publique et le monde des savants. Si l'on en trouve la solution économique, elle produira une véritable révolution industrielle, en abaissant le prix de la force motrice, et en donnant les moyens de la diviser et distribuer suivant les besoins.

Mais nous n'en sommes, pour ainsi dire, qu'à la période purement théorique, et les expériences réalisées à l'exposition d'Anvers, dans des conditions très modestes et sur un parcours de quelques centaines de mètres, ne semblent pas de nature à faire avancer la

question. Il faut attendre celles que prépare M. Marcel Deprez, entre Creil et Paris, pour apprécier s'il sera possible de réaliser ce transport sans que ses avantages soient absorbés par les frais de premier établissement qu'il comporte.

Nous ne parlons que pour mémoire, et comme se rattachant à cette intéressante question, du tramway électrique qui fonctionne entre l'exposition et la gare de l'Est, à l'aide d'accumulateurs. C'est là, d'ailleurs, pour le moment, du moins, un emploi peu économique de l'électricité; mais il se vulgarisera sans doute et pourra entrer dans le domaine vraiment pratique lorsqu'on aura trouvé le moyen d'emmagasiner à peu de frais l'énergie électrique.

V. — APPLICATIONS DIVERSES

Avant de terminer, nous croyons devoir signaler deux applications industrielles de l'électricité, qui nous semblent présenter un véritable intérêt et qui ont pour but : l'une, la séparation du cuivre contenu dans les galènes argentifères; l'autre, le blanchiment des matières textiles par la décomposition des chlorures alcalino-terreux.

Dans les deux cas, c'est par l'électrolyse que ces résultats sont obtenus, et ce sont des machines dynamos, type Gramme et Phœnix compound, qui forment le courant de décomposition chimique.

Que retenir de l'exposé qui précède?

Absolument rien pour la télégraphie et le transport de force;

Deux résultats intéressants, en ce qui touche la téléphonie;

Quelques efforts pour améliorer la fixité de l'arc voltaïque.

C'est peu si l'on envisage les progrès de l'électricité dans leur ensemble; c'est encore quelque chose si l'on mesure le temps qui sépare chacune des expositions universelles ou nationales.

La télégraphie électrique n'existait pas il y a cinquante ans; la découverte du téléphone remonte à dix ans à peine; la lumière électrique est de date encore plus récente et s'essaie dans d'étroites limites, mais avec de larges horizons en perspective; enfin la question du transport de force est posée.

L'activité humaine pendant ce demi-siècle est donc merveilleuse; mais ce serait trop lui demander que de vouloir qu'elle se soutienne à cette hauteur, et qu'elle ne reprenne de temps en temps haleine.

On ne saurait donc être surpris qu'en rapprochant les expositions à de très courts intervalles, elles ne révèlent pas de découvertes ou de perfectionnements qui marquent dans l'histoire de la science et de l'industrie. Mais chacune d'elles apporte sa pierre à l'édifice, et celle d'Anvers témoigne sans conteste d'efforts intéressants; elle contribuera à faire pénétrer dans le domaine de la pratique toutes les applications de l'électricité, dont nous ne faisons qu'entrevoir encore, pour quelques-unes du moins, et la portée et les conséquences.

25 juillet 1885.

E. Caël.

EXPOSITION

DES MAISONS CARPENTIER ET BRÉGUET

A L'OBSERVATOIRE DE PARIS (*)

Exposition Carpentier.

Production de l'électricité.

Pile thermo-électrique. — La fabrication des piles thermo-électriques Clamond a subi récemment une véritable transformation ; au point de vue purement électrique, la pile n'a pas varié dans ses éléments essentiels (**) ; le couple électrique est resté le même et se compose d'un barreau en alliage zinc-antimoine à équivalents égaux soudé à une lame de fer-blanc ou de nickel. Les éléments (*fig.* 1) sont disposés par couronnes de dix avec évidement cylindrique au milieu ; les lames vont d'une soudure intérieure à une soudure extérieure ; les couronnes, superposées et séparées les unes des autres par une matière isolante, forment

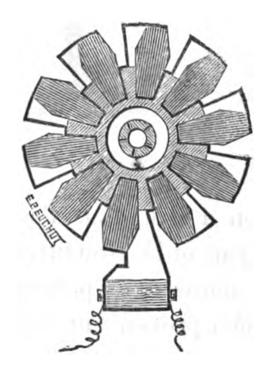


Fig. 1.

(*) Voir *Annales télégraphiques*, 1885, p. 101.
(**) *Journal de physique*, 1874, p. 249.

une sorte de cylindre. Dans la cavité centrale (*fig.* 2) pénètre un tuyau en terre réfractaire percé de trous qui donnent issue à du gaz d'éclairage; la combus-

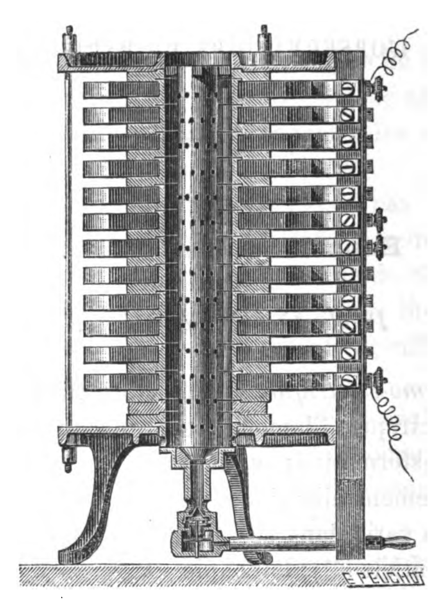


Fig. 2.

tion a lieu dans l'espace annulaire compris entre le tuyau et les soudures intérieures. Il n'y a donc là rien de nouveau en principe; mais, au début, on avait cherché à prévenir un échauffement exagéré des soudures intérieures en les enduisant d'un lut à base d'amiante; la précaution n'ayant pas toujours eu l'efficacité désirable, MM. Clamond et Carpentier ont été amenés à modifier complètement la fabrication. Voici les détails qu'ils ont donnés à ce sujet dans une note à l'Académie des sciences (*) :

(*) *Comptes rendus*, 1885, t. C, p. 985.

« Un procédé méthodique, dans lequel réside un tour de main de la coulée, nous permet actuellement d'obtenir une composition de l'alliage aussi exacte que constante.

« Chaque couple atteint le maximum de sa force électromotrice à la température de la fusion; ce maximum est de 1/10 de volt pour les couples fer-alliage et de 1/8 environ pour les couples nickel-alliage.

« Pour éviter les dangers auxquels la pile est exposée, quand la température arrive à cette limite, le chauffage est combiné de manière à la maintenir sensiblement au-dessous; et la force électromotrice, utilisée en marche normale, est intentionnellement restreinte à 1/14 de volt pour un couple fer-alliage et 1/12 pour un couple nickel-alliage.

« La disposition qui modère le chauffage rend en même temps inoffensifs les coups de feu accidentels. Elle consiste dans l'emploi de pièces spéciales, en terre réfractaire, dont le rôle est ainsi complexe. Ces pièces sont formées d'une paroi cylindrique mince, autour de laquelle rayonnent des cloisons destinées à séparer les éléments d'une même couronne. Façonnées par compression dans des moules fort précis, elles sont, après la cuisson, pour ainsi dire identiques et, dans leur superposition, constituent un tube bien continu à l'intérieur duquel a lieu la combustion.

« La coulée de tous les éléments d'une même couronne s'opère d'un seul coup. La pièce de terre étant placée au centre d'un moule circulaire, avec les lames de fer-blanc ou de nickel disposées convenablement, un jet de l'alliage fondu vient remplir les vides et, par refroidissement, former la chaîne thermo-électrique. Chaque élément prend ainsi naissance dans une sorte

d'alvéole d'où il ne doit plus sortir, et l'on comprend que si, d'une part, il se trouve défendu contre l'action directe de la flamme par la paroi cylindrique mince qui l'en sépare, d'autre part, sa fusion momentanée ne présenterait guère d'inconvénient, puisqu'au refroidissement il reprendrait la forme que lui a donnée tout d'abord la cellule qu'il remplit.

« La pile se monte en superposant un certain nombre de couronnes semblables emboîtées l'une sur l'autre. Les pôles de chaque couronne viennent aboutir à une même traverse verticale (*fig.* 3) sur laquelle, par

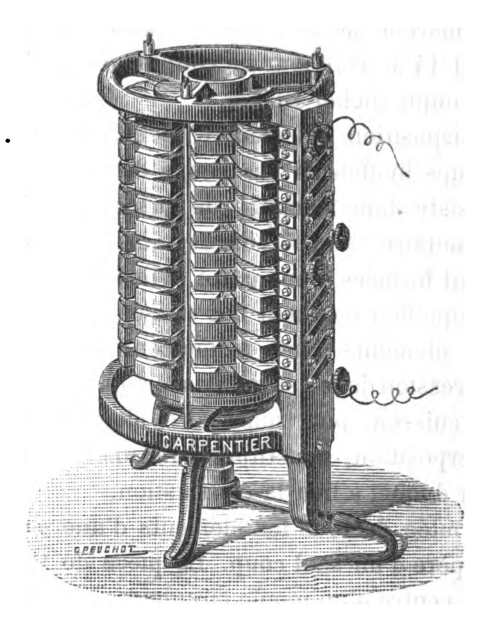


Fig. 3.

un jeu de bornes et de lames, il est aisé de combiner les groupements de couronnes suivant les applications qu'on a en vue.

« Le démontage de la pile est aussi simple que son montage, et quiconque en fait usage peut, à l'occasion, sans outil, opérer le remplacement d'une couronne endommagée. Le brûleur est un tube en terre réfractaire, moulé avec la même précision que les pièces dont nous avons parlé précédemment, circonstance très favorable à une bonne combustion. Il repose, par son poids, dans une crapaudine conique, et il est centré dans le conduit de combustion par un croisillon fixé à sa partie supérieure. Sa mise en place et son enlèvement n'exigent que la peine de le poser ou de le soulever.

« Deux modèles ont été établis :

« L'un comprend 12 couronnes de 10 éléments petit module, soit 120 éléments; ses constantes, en marche normale, sont de 8 volts pour sa force électromotrice, et de $3^{\text{ohms}},2$ pour sa résistance. L'autre comprend 6 couronnes de 10 éléments gros module, soit 60 éléments; ses constantes, en marche normale, sont de $3^{\text{volts}},6$ pour sa force électromotrice, et de $0^{\text{ohm}},65$ pour sa résistance.

« La dépense de gaz, la même pour les deux modules, est de 180 litres à l'heure (*).

« En résumé, les progrès réalisés consistent dans :

« 1° L'amélioration du rendement, sans élévation excessive de la température, obtenu par la composition exacte et constante de l'alliage;

« 2° La protection des éléments contre tout accident de fusion;

« 3° Les facilités de montage, démontage et entretien. »

Pile à circulation. — La pile à circulation de liquide

(*) C'est une consommation voisine de la consommation admise pour un bec de gaz à papillon ordinaire.

combinée par M. Carpentier est connue des lecteurs des *Annales* (*). Nous ajouterons pourtant qu'il paraît bon, avec les dimensions actuelles, de ne pas faire débiter à l'élément plus d'un ampère; la résistance intérieure est de $0^{\omega},5$ sensiblement. La force électromotrice est celle des éléments au bichromate ordinaires, 2 volts environ. Le dispositif reste d'ailleurs à l'étude.

Instruments de mesure.

Ampèremètre et voltmètre Deprez-Carpentier. — Ils ne diffèrent entre eux que par la résistance du fil qui entre dans la construction. Destinés à des mesures industrielles, ces instruments sont très maniables et ressemblent extérieurement à des manomètres métalliques; l'enveloppe cylindrique a communément $0^{m},12$ de diamètre et $0^{m},06$ de haut; un des fonds est constitué par une glace transparente qui laisse apercevoir un index et un cadran portant des divisions. Deux bornes font saillie sur les côtés et servent à attacher les fils.

Le principe est le même que celui du galvanomètre à arête de poisson de M. Marcel Deprez (**). Entre les pôles de deux aimants permanents NCS et NDS (fig. 4 et 5) sont placées côte à côte deux bobines creuses à l'intérieur desquelles peut tourner une palette de fer doux; celle-ci entraîne un index en aluminium mobile devant le cadran gradué. Quand un courant traverse les bobines, la petite armature polarisée est déviée. Dans les galvanomètres ordinaires, le cadre est symétriquement placé par rapport à l'aiguille et si l'on n'admet, par

(*) *Annales télégraphiques*, 1885, p. 64.
(**) *Annales télégraphiques*, 1882, p. 315.

exemple, que des déviations de 20° au plus de part et d'autre du plan des spires, on obtient bien des déviations à peu près proportionnelles pour la majeure partie de la course, mais on ne profite, avec un même sens de

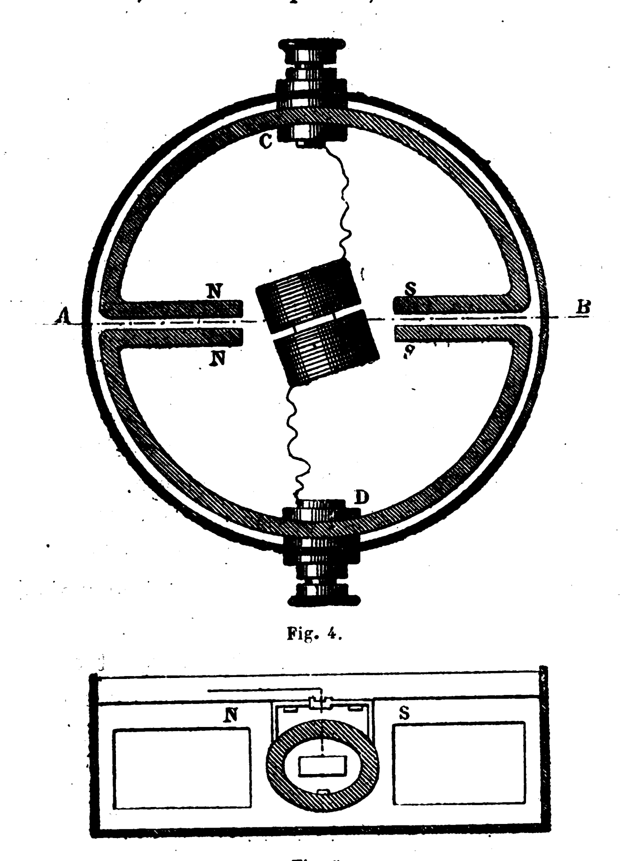


Fig. 4.

Fig. 5.

courant, que de la moitié du déplacement total possible de l'aiguille. Or, s'il y a fréquemment intérêt, dans les mesures de précision, à renverser le courant, ce besoin n'existe pas à un égal degré dans les mesures

industrielles ; il vaut donc mieux utiliser pour un même sens de courant la course entière. On atteint ce résultat dans les ampèremètres et voltmètres Deprez-Carpentier en inclinant la double bobine sur la direction de l'aiguille ; l'angle d'inclinaison est égal à la moitié de l'angle total de déviation que l'on veut utiliser ; il est généralement compris entre 15 et 20 degrés. L'inclinaison est déterminée expérimentalement pour chaque appareil ; on donne à la bobine une certaine position, puis, y faisant passer des courants d'intensité connue, on construit une courbe en prenant pour ordonnées les intensités et pour abscisses les déviations du galvanomètre. On donne ensuite à la bobine une autre position et l'on recommence. Parmi les courbes ainsi obtenues, on en choisit une qui, se rapprochant davantage de la ligne droite, réponde mieux par conséquent à des déviations proportionnelles et l'on adopte pour la bobine l'inclinaison correspondante.

Galvanomètres à miroir. — Les galvanomètres astatiques de sir W. Thomson rendent des services inappréciables comme appareils de laboratoire ; mais les modèles courants offrent quelques imperfections au point de vue du transport et de la mise en station quand ces opérations doivent se répéter fréquemment. Le fil de cocon supportant l'équipage se rompt assez souvent ; le remplacement en est long et se complique d'un démontage partiel, mais fort désagréable, de l'appareil. M. Carpentier a cherché à réduire le plus possible ces inconvénients. Dans le modèle qu'il a créé, les deux bobines anté-

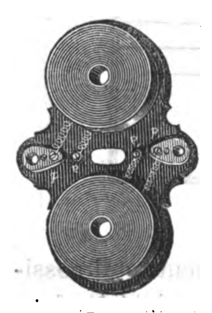


Fig. 6.

rieures d'une part, et les deux bobines postérieures de l'autre, sont montées sur une même plaque (*fig.* 6) fixée au bâti de l'appareil par deux écrous de ser-

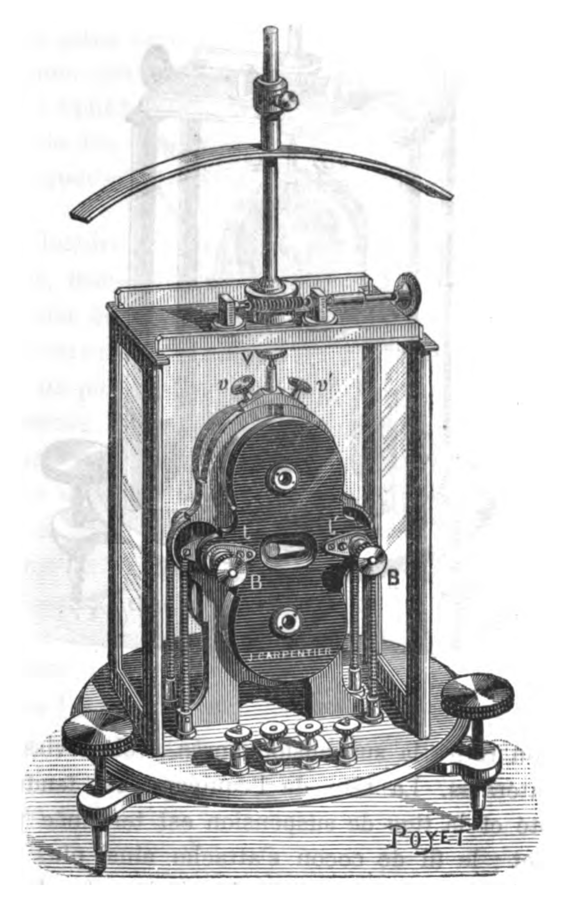


Fig. 7.

rage à tête moletée (*fig.* 7); la mise en place suffit à établir les communications entre les bobines et quatre fils posés à demeure qui vont rejoindre les

bornes extérieures de l'appareil. Quand la suspension est rompue, on défait les deux écrous, on enlève la plaque antérieure avec ses deux bobines (*fig.* 8),

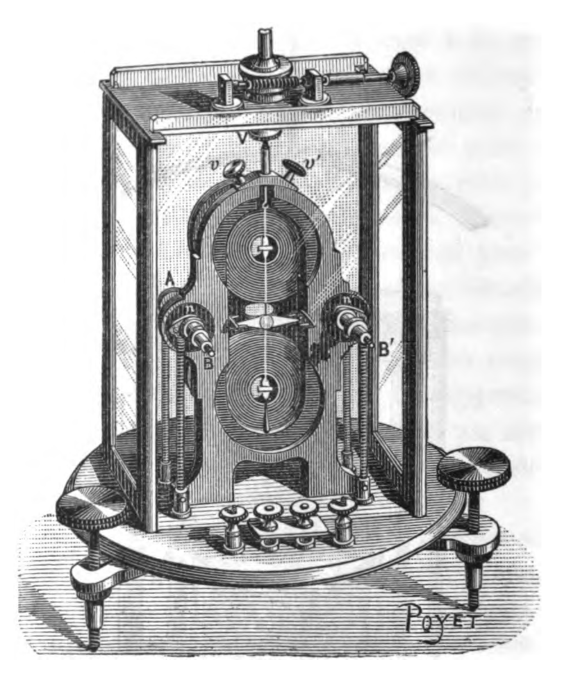


Fig. 8.

puis on retire la suspension après avoir dévissé deux vis latérales. La tête de l'équipage est fendue sur le côté et la tige de suspension est terminée par un crochet ; le fil de cocon s'attache ainsi plus facilement. M. Carpentier a placé le miroir entre les deux groupes de bobines supérieur et inférieur; la même disposition avait déjà été employée par M. Siemens.

On peut, grâce à la facilité de montage et de démontage de l'appareil, avoir des bobines de rechange de

résistances inégales appropriées aux différentes mesures qui se présentent dans la pratique.

Des soins particuliers sont apportés au choix des aimants qui forment le système astatique; un grand nombre de petits barreaux d'acier sont aimantés à saturation puis abandonnés jusqu'à ce qu'ils arrivent à un état d'équilibre magnétique permanent. Le moment venu de les employer, on associe ceux qu'un examen au magnétomètre révèle identiques.

La lecture des déviations par transparence est, on le sait, beaucoup moins fatigante que la lecture ordinaire sur échelle opaque. M. Carpentier construit l'échelle en celluloïde, substance translucide et peu fragile : un pied d'optique qui la soutient porte également le réticule, dont l'image vient se former sur la règle, et aussi un miroir prenant, par un double mouvement autour de deux axes rectangulaires, toutes les orientations possibles; ce miroir renvoie sur celui du galvanomètre la lumière d'une source quelconque, d'un bec de gaz, d'une bougie, ou même la lumière du jour. Comme toutes les échelles transparentes, celle-ci ne demande, dans la salle d'expériences, qu'une atténuation de l'éclairage ordinaire et non l'obscurité. Dans la figure ci-contre (*fig.* 9), le galvanomètre Deprez-d'Arsonval (*), qui est en observation, repose sur une plaque métallique dans laquelle sont pratiquées suivant trois rayons des rainures où s'engagent les pieds de l'appareil. Grâce à cette disposition, on peut enlever l'instrument et le remettre ensuite, sans tâtonnements, dans sa position primitive.

Bobines et caisses de résistances. — La construction

(*) *Annales télégraphiques*, 1882, p. 317.

des bobines de résistances a été ingénieusement modi-

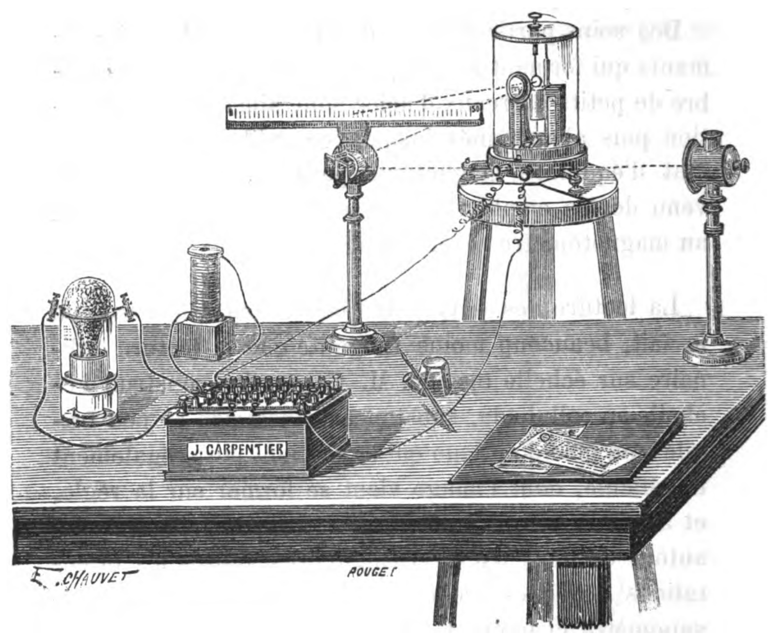


Fig. 9.

fiée. On sait que le fil doit être enroulé en double : cette disposition prévient les phénomènes d'induction. Dans la pratique, on a généralement (*fig.* 10) deux fils enroulés côte à côte, et la boucle C est remplacée par un curseur métallique soudé aux deux extrémités *a* et *b*. La résistance comprise entre les blocs A et B est déterminée par la position du curseur : c'est là que se présente pour le constructeur la difficulté.

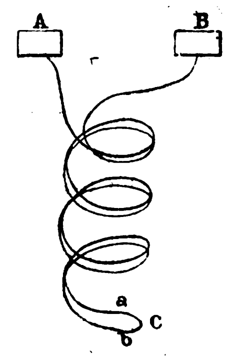


Fig. 10.

L'ajustement ne peut se faire sans dessouder et ressouder plusieurs fois cette pièce mobile. De là, échauffement et altération du fil ; de là, par conséquent, des tâtonnements longs et délicats. M. Carpentier opère le réglage à froid. Supposons que la bobine soit construite de façon à posséder une résistance légèrement inférieure à celle qu'elle doit avoir : si nous ajoutons un rhéostat, nous pourrons, à l'aide de celui-ci, parfaire le réglage. C'est ce que fait en réalité M. Carpentier. Réglée pour une résistance un peu trop faible, chaque bobine est accompagnée d'un petit rhéostat logé dans le cylindre en buis paraffiné sur lequel est disposé le fil principal (*fig.* 11). La cavité présentée par le buis est soigneusement filetée ; le rhéostat, en fil de maillechort, est formé de deux hélices parallèles, placées dans les rainures du filetage ; les hélices, qui d'ailleurs appartiennent à un même bout de fil, font légèrement saillie à l'intérieur. Elles sont réunies électriquement l'une à l'autre par un écrou métallique à dilatation MN, fileté extérieurement, de manière à se mouvoir le long des deux hélices. On peut donc l'enfoncer plus ou moins jusqu'à ce qu'on obtienne exactement la résistance voulue. Une vis centrale conique sert alors à écarter les deux parties de l'écrou, qui se trouve par là serré contre les hélices et fixé : le contact obtenu est très bon. Des bobines construites ainsi

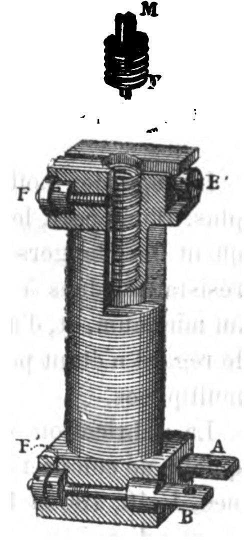


Fig. 11.

depuis plus d'un an sont restées, paraît-il, fort bien réglées.

Les communications entre les diverses parties de la bobine sont indiquées dans le diagramme de la figure 12. Les positions relatives réelles apparaissent dans la figure 11, qui représente une bobine en vraie grandeur.

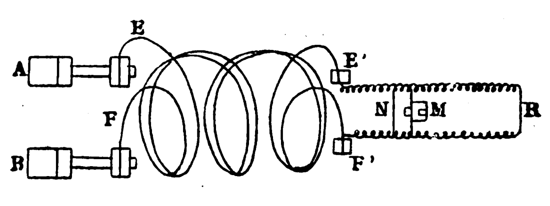


Fig. 12.

Pour les bobines de faible résistance, de 1 ohm, par exemple, M. Carpentier emploie en outre un artifice analogue à celui signalé par M. S.-P. Thompson (*).

L'usage des boîtes à décades se répand de plus en plus. D'une part, le nombre des chevilles et par conséquent les dangers d'introduire dans le circuit des résistances dues à de mauvais contacts y sont réduits au minimum, et, d'autre part, la lecture est plus facile, le regard n'étant point arrêté par les têtes de chevilles multipliées.

La fabrication est également plus simple, puisqu'elle ne comprend que quatre ou cinq types de bobines, 1, 10, 100 et 1.000 ohms, 10.000 quand on juge à propos d'avoir une caisse montée en pont avec branches de proportion renfermant une paire de bobines de cette valeur. Le modèle français, originairement

(*) *Annales télégraphiques*, 1884, p. 286.

étudié pour le service de l'État sur les indications de M. Seligmann-Lui, présente, grâce à l'agencement des bobines, un volume moindre, et dès lors une plus grande commodité de transport que les boîtes analogues fabriquées en Angleterre. Les constructeurs

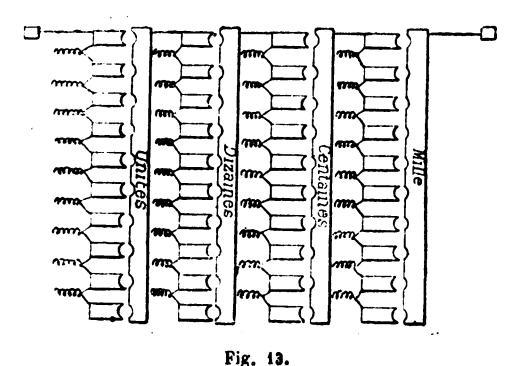


Fig. 13.

anglais disposent les bobines circulairement, tandis qu'en France on les place par files. Le croquis ci-contre (*fig.* 13) rappelle les communications.

Maison Bréguet.

Dans cette exposition les instruments les plus intéressants au point de vue électrique étaient ceux dus à M. Lippmann, et ceux imaginés pour les mesures industrielles par sir William Thomson.

Le galvanomètre et l'électrodynamomètre de M. Lippmann ont fait l'objet de plusieurs communications à l'Académie des sciences : ces communications ont été reproduites ici (*); l'électromètre à mercure est également connu des lecteurs des Annales (**) : la descrip-

(*) *Annales télégraphiques*, 1884, p. 177 et 281.
(**) *Annales télégraphiques*, 1875, p. 164.

tion de ces appareils n'offrirait donc aucun intérêt. Nous donnons cependant (*fig.* 14) une coupe du galvanomètre par un plan vertical comprenant les axes des deux tubes à mercure; en pratique, l'un d'eux est surmonté d'un réservoir d'assez large section pour que le niveau puisse y être considéré comme constant.

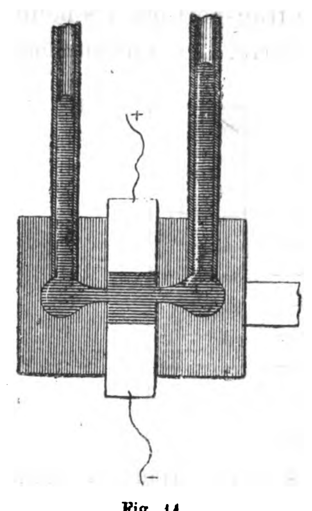


Fig. 14.

Nous mentionnerons en outre un ampèremètre destiné à la mesure des courants de grande intensité, et dont le principe est le même que celui du galvanomètre à mercure. Le type exposé n'était qu'un type d'étude; mais on espère en construire pratiquement qui pourront mesurer jusqu'à 1.000 ampères. Pour atteindre ce résultat, on a prolongé la colonne de mercure par une colonne d'eau qui aboutit à l'intérieur d'un tube manométrique analogue à ceux de Bourdon ou de Desbordes, et plein d'eau. Ce tube met en mouvement une aiguille indicatrice.

Dans les ampèremètres construits pour les faibles intensités, on obtient couramment, d'après les constructeurs, une différence de niveau de 100 millimètres par ampère.

Galvanomètres gradués de sir William Thomson. — En général, et abstraction faite des mouvements de rotation, la bobine et l'équipage magnétique d'un galvanomètre occupent une position fixe. On a pourtant

utilisé à diverses reprises le déplacement relatif de ces organes, soit pour appliquer des méthodes de réduction à zéro, comme dans le « Resistance measurer (*) » de M. C.-W. Siemens, dont M. Maiche présentait récemment une modification sous le nom de microhmmètre (**), soit pour obtenir une constante variable.

Le voltmètre combiné par sir William Thomson rentre dans cette dernière classe.

Une bobine en forme de tore, contenant 7.000 spires de fil de maillechort et présentant une résistance d'environ 6.000 ohms est fixée (*fig.* 15) à l'extrémité d'une

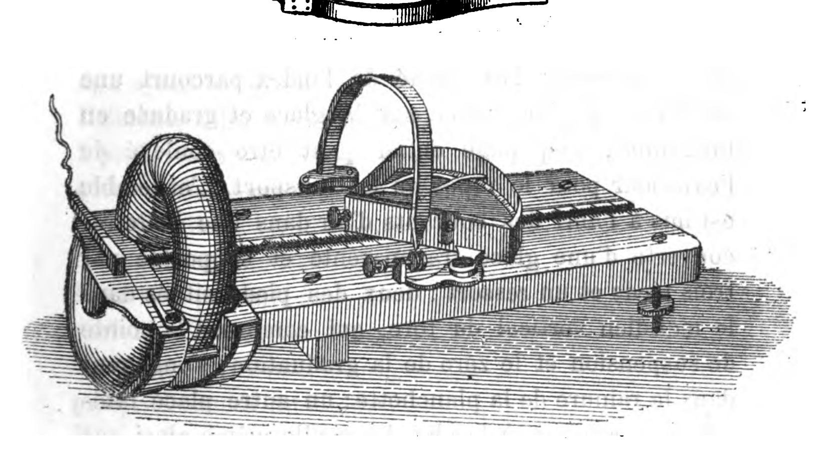


Fig. 15.

planchette horizontale et normalement à elle par deux plateaux semi-circulaires en bois, qui en maintiennent la partie inférieure. La planchette est pourvue de vis

(*) *Reports of the Committee on Electrical Standards*, edited by Fleeming Jenkin, p. 142.

(**) *Annales télégraphiques*, 1885, p. 110.

calantes et d'un niveau sphérique à bulle d'air. Le tore offre par lui-même une certaine rigidité, ayant été imprégné de paraffine fondue, puis recouvert d'un ruban de soie ; le diamètre extérieur est de 14 centimètres, le diamètre intérieur de 6. Perpendiculairement aux spires, et dans le méridien vertical du tore, est pratiquée sur la planchette une rainure qui remplit l'office de guide pour un magnétomètre mobile.

Ce dernier est formé essentiellement de quatre petits aimants en fil d'acier, longs d'un centimètre, orientés de la même manière suivant les arêtes d'un cube et réunis par une chape en aluminium reposant sur une pointe en platine iridié par l'intermédiaire d'un saphir. Cet équipage fort léger et très mobile est prolongé par un index en aluminium qui se meut au-dessus d'une glace argentée; l'extrémité de l'index parcourt une échelle de papier, collée sur la glace et graduée en tangentes ; l'équipage entier peut être soulevé de l'extérieur pour le repos ou le transport. L'ensemble est mis à l'abri des courants d'air dans une boîte recouverte d'une glace transparente et supportée par trois pieds et un ressort : deux des pieds situés dans le méridien vertical du tore, qui comprend la pointe de suspension et le zéro de la graduation, s'engagent dans la rainure de la planchette; un autre placé latéralement repose sur la planchette elle-même ainsi que le ressort qui soutient la boîte à l'opposé. Le magnétomètre peut donc, tout en restant appuyé sur la planchette, recevoir très facilement un mouvement de translation parallèlement à l'axe du tore.

On obtient déjà par le déplacement du magnétomètre une variation de la constante entre des limites assez larges. L'addition d'un aimant directeur qui di-

minue la sensibilité de l'instrument permet de les étendre encore et de mesurer des différences de potentiel trop grandes pour être évaluées à l'aide du magnétomètre réduit aux organes que nous venons de décrire. A cet effet, la cage est munie sur ses deux côtés de supports terminés l'un par un plan dans lequel a été pratiqué un trou, l'autre par un écrou dans lequel se meut une vis terminée elle-même par une petite poulie à gorge. L'aimant qu'on voit en place sur la figure est courbé en demi-cercle et s'appuie par une de ses extrémités sur le plan, de façon qu'une petite goupille saillante dont il est muni entre dans le trou du support; l'autre extrémité, forgée en pointe, repose dans la gorge de la poulie : c'est une variété du système trou-rainure-plan de Sir William Thomson. L'index ayant été amené au zéro avant la mise en place de l'aimant, celui-ci ne doit pas l'en écarter, sinon la vis à poulie sert à déplacer l'aimant jusqu'à ce que l'index soit de nouveau au zéro. Par l'emploi facultatif de l'aimant directeur, combiné avec le rapprochement et l'éloignement de l'équipage magnétique, on peut, avec le même appareil, mesurer des différences de potentiel variant de quelques centièmes de volt à 2.000 volts.

Concurremment à la graduation sur l'échelle de papier, en existe une autre sur la planchette même. Perpendiculairement à la rainure ont été tracées un certain nombre de lignes telles que, la paroi antérieure du magnétomètre y étant tangente, les déviations pour une différence de potentiel de 1 volt, quand l'intensité du champ magnétique au point où se trouve l'aiguille est égale à 1 unité C.G.S., représentent les termes de la progression géométrique 4, 2, 1, 1/2, etc. Ces nombres sont inscrits auprès des lignes correspondantes.

La déviation que donne la même différence de potentiel lorsque le centre de l'équipage coïncide avec celui du tore (dont le méridien horizontal le contient toujours, par construction) est également notée sur la planchette.

Il suffit alors, pour obtenir dans une expérience la différence de potentiel aux bornes, d'appliquer la règle suivante :

Le magnétomètre ayant été amené à être tangent à une des lignes tracées sur la planchette, *multiplier la déviation de l'index lue sur l'échelle en papier par l'intensité horizontale*, *exprimée en unités C.G.S.*, *du champ magnétique résultant*, *au point où se trouve l'aiguille*, *de l'action réunie de la terre et de l'aimant directeur*, *puis diviser le produit par le nombre marqué sur la planchette en regard de la tangente au magnétomètre*. Bien entendu, quand l'aimant directeur n'est pas utilisé, la composante horizontale H du magnétisme terrestre intervient seule dans le produit ci-dessus.

La valeur de la composante H est connue en chaque lieu (*). Quant à l'intensité du champ magnétique créé par l'aimant, nous allons voir en examinant la méthode (**) qu'on emploie communément pour graduer l'appareil, comment on l'obtient.

La valeur de la composante horizontale du magnétisme terrestre étant donnée pour l'endroit où se fait la graduation, l'instrument dépourvu d'aimant directeur est intercalé dans le circuit d'un galvanomètre étalon et d'une pile constante de Daniell. Au repos les

(*) A Paris elle est égale à 0,193 environ.

(**) *Absolute Measurements in Electricity and Magnetism*, Andrew Gray, p. 63.

deux instruments doivent être au zéro et l'on prend soin qu'il n'y ait pas de pièces de fer aux alentours. Le nombre d'éléments est choisi de manière que la déviation du galvanomètre étalon soit d'environ 45° quand le courant passe : on déplace alors le magnétomètre sur la planchette jusqu'à ce que la déviation obtenue soit également voisine de 45°. L'observation du galvanomètre étalon fait connaître l'intensité du courant en ampères : le produit de cette intensité par la résistance du voltmètre donne immédiatement la différence de potentiel en volts aux bornes de celui-ci. Il est facile d'en conclure le nombre de divisions qui correspondrait à une différence de potentiel d'un volt. On pourrait noter sur la planchette la position du magnétomètre et inscrire ce nombre : mais, sauf le cas où l'aiguille est au centre du tore, on ne marque, nous l'avons dit, que les positions pour lesquelles le nombre à inscrire est une puissance de 2. Supposons donc que l'on ait 40 divisions de déviation pour une différence de potentiel de 20 volts en un point où l'intensité horizontale H du champ magnétique terrestre soit égale à 0,17. La déviation qui serait donnée par 1 volt dans un champ magnétique d'intensité 1 serait égale à $\frac{40}{20} \times 0,17 = 0,34$, valeur comprise entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$. Or, quand le magnétomètre sera tangent à la ligne $\frac{1}{4}$, la déviation fournie par la même différence de potentiel de 20 volts dans le champ magnétique d'intensité horizontale H sera $\frac{1}{4} \times 20 \times \frac{1}{H} = \frac{5}{0,17} = 29,4$. On éloignera donc le magnétomètre jusqu'à ce qu'il

donne cette déviation : on tracera le tangente sur la planchette et on inscrira en regard le nombre $\frac{1}{4}$.

D'une manière plus simple et plus générale : on demande quelle sera, pour une différence de potentiel aux bornes E, dans un champ magnétique d'intensité horizontale H, la déviation D que devra fournir l'instrument amené dans une position telle que la déviation correspondant à une différence de potentiel 1 dans un champ magnétique d'intensité horizontale 1 serait égale à 2^n.

La graduation sur papier étant faite en tangentes, si

1 volt dans un champ magnétique d'intensité 1 donne 2^n divisions de déviation

1 volt dans un champ d'intensité H donnera $\frac{2^n}{H}$

E volts dans un champ d'intensité H donneront

$$\frac{E \times 2^n}{H}.$$

On aura donc

$$D = \frac{E \times 2^n}{H}.$$

Quand on est parti d'une puissance négative $-m$ de 2 comme nous l'avons supposé dans l'exemple numérique ci-dessus où la première ligne tracée aurait été la ligne $\frac{1}{4}$, on peut, en rapprochant le magnétomètre du tore pour tracer la ligne $\frac{1}{2}$, être conduit, si l'on conserve la même différence de potentiels aux bornes, à une déviation qui dépasse les limites de l'échelle. Le plus simple, tant que le nombre des éléments s'y prête,

est en général de diminuer la pile de telle sorte que la déviation reste la même. Pour la ligne 2^{-m+p}, la force électromotrice E′ à employer dans ce cas serait donnée immédiatement par l'équation

$$\frac{E\,2^{-m}}{H} = \frac{E'\,2^{-m+p}}{H},$$

c'est-à-dire

$$E' = E\,2^{-p}.$$

On voit qu'en tout cela le rôle du galvanomètre étalon se borne à permettre de calculer la différence de potentiel aux bornes de l'instrument à graduer.

Reste à déterminer l'intensité A du champ magnétique créé par la présence de l'aimant directeur au voisinage de l'aiguille lorsqu'il occupe la position que nous avons définie précédemment.

Voici le procédé le plus souvent employé.

On forme un circuit avec une pile de Daniell et une résistance R de 7.000 ohms environ, puis on relie les bornes du voltmètre privé d'aimant directeur à deux points du circuit tels qu'on ait une déviation de 30 à 40 divisions au magnétomètre. On interrompt le courant, on place l'aimant directeur de façon que l'index soit au zéro et l'on établit les points d'attache de manière à obtenir à peu près la même déviation qu'auparavant. Soient E et B la force électromotrice et la résistance de la pile, R_1 et R_2 les résistances du circuit primitif comprises entre les bornes du galvanomètre dans le premier et le second cas, V_1 et V_2 les différences de potentiel correspondantes aux extrémités du galvanomètre, D_1 et D_2 les déviations dans l'une et l'autre expérience, G la résistance du galvanomètre; l'intensité horizontale totale du champ magnétique

agissant sur l'aiguille quand l'aimant est en place étant égale à H + A, l'on a

$$V_1 = \frac{ER_1G}{(B + R - R_1)(R_1 + G) + R_1G} = mHD_1,$$

et

$$V_2 = \frac{ER_2G}{(B + R - R_2)(R_2 + G) + R_2G} = m(H + A)D_2,$$

m étant une constante.

On en tire

$$H + A = H \frac{D_1R_2[(B + R - R_1)(R_1 + G) + R_1G]}{D_2R_1[(B + R - R_2)(R_2 + G) + R_2G]},$$

d'où l'on déduit A connaissant H.

On rend autant que possible le terme B négligeable en prenant des piles de faible résistance intérieure, comme le modèle à auge de Sir William Thomson. En choisissant convenablement R, R_1, R_2, on simplifie encore la formule.

La valeur trouvée pour A est peinte sur l'aimant directeur : elle est généralement comprise entre 8 et 10.

La méthode précédente permet de la contrôler de temps à autre. Dans le même but on peut aussi établir une différence de potentiel connue V aux bornes de l'appareil muni de l'aimant. Si la déviation du magnétomètre, tangent à la ligne n, est égale à D on a $H + A = \frac{nV}{D}$. C'est la détermination inverse de celles auxquelles sert ordinairement le voltmètre.

Les ampèremètres construits d'après les mêmes principes que les voltmètres précédents en diffèrent par la constitution des bobines. La bobine d'un ampère-

mètre renferme généralement six tours : le fil de maillechort est ici remplacé par une lame en cuivre de 28 millimètres carrés de section. D'après les constructeurs, un appareil de ce genre peut mesurer des courants variant de 0,005 à 100 ampères. Un autre modèle où la bobine est formée d'un seul anneau de cuivre indique depuis 0,02 jusqu'à 700 ampères, sans échauffement exagéré : néanmoins on préfère pour d'aussi forts courants placer en dérivation les uns sur les autres plusieurs ampèremètres de moindre puissance.

Quant à la graduation, tout ce que nous avons dit à propos des voltmètres, s'applique aux ampèremètres pourvu qu'on l'applique aux intensités au lieu des différences de potentiel.

L'instrument peut, comme le précédent, servir à vérifier la constance de l'aimant directeur. Faisons passer un courant constant dans l'appareil et amenons le front du magnétomètre sans aimant à l'une des lignes n_1 les plus éloignées de la bobine, puis remettons l'aimant et rendons le magnétomètre tangent à l'une des lignes n_2 les plus rapprochées. Soient D_1 et D_2 les déviations en n_1 et n_2 : n_1 et n_2 représentant ici les déviations correspondant à une intensité d'un ampère pour un champ magnétique égal à 1, l'on a en égalant les deux expressions de l'intensité

$$\frac{D_1 H}{n_1} = \frac{D_2 (H + A)}{n_2},$$

H et A ayant même signification que plus haut.

On en tire

$$H + A = H \frac{n_2 D_1}{n_1 D_2}.$$

Enfin, au point de vue de la pratique courante, nous

devons ajouter que des contacts de construction très robuste ont été combinés pour mettre les appareils en relation avec le circuit expérimenté.

Servomoteur électrique. — En présence de l'accroissement qu'ont subi les dimensions des navires, on a dû se préoccuper d'augmenter la puissance des gouvernails tout en en laissant la manœuvre facile : la rapidité et la précision d'évolution utiles dans tous les cas offrent en particulier pour les navires de guerre un intérêt capital. De là des recherches nombreuses et la mise au jour d'ingénieux dispositifs à l'aide desquels on a même cherché à compléter les systèmes de manœuvre en donnant au commandant la faculté de conduire lui-même la barre quand des circonstances exceptionnelles le demandent. Sur ce dernier point on a été conduit à l'emploi de transmissions rigides, hydrauliques, funiculaires dont les meilleures présentent encore quelques inconvénients. Dans ces conditions, l'on devait songer naturellement à rechercher si l'électricité n'était pas capable de donner la solution du problème complète ou partielle, nous voulons dire d'assurer la commande de la barre elle-même ou la manœuvre à distance d'un appareil auxiliaire tel, par exemple, que le servomoteur de Farcot.

Dans cet ordre d'idées, la maison Bréguet a, sur les indications du commandant Trèves, établi un servomoteur électrique qui paraît devoir constituer un appareil suffisamment robuste. L'expérience n'en a pas encore été faite; mais il va, nous dit-on, être établi à titre d'essai sur un navire d'une de nos grandes compagnies maritimes. Quoi qu'il en soit, nous en donnerons le principe, intéressant par la simplicité.

Admettons, pour faciliter l'explication, qu'il s'agisse de communiquer directement le mouvement à une roue de gouvernail : on pourra atteindre ce but en la rendant solidaire d'un moteur dynamoélectrique et, pour imprimer une rotation dans un sens ou dans l'autre, il suffira de renverser la direction du courant dans l'induit, tout en la laissant constante dans les inducteurs. L'appareil manœuvré à la main doit par suite remplir l'office d'un commutateur inverseur pour la première partie du circuit.

Voici l'artifice employé pour obtenir ce résultat. Un pendule DE (*fig.* 16) muni à la partie inférieure d'une masse assez lourde E tourne librement autour de l'axe X de la roue R, semblable à une roue de gouvernail ordinaire. Un peu au-dessous de X, la tige *b* supporte la roue intermédiaire B d'un train conique différentiel ; B peut prendre autour de la tige un mouvement de rotation dans un sens quelconque. La roue A est fixée invariablement à R ; C, au contraire, tourne autour de l'axe X sans rencontrer d'autre obstacle à sa rotation que la résistance offerte par l'air au mouvement d'un moulinet à larges palettes entraîné, grâce à une vis sans fin, par la roue C elle-même. Au repos, le pendule est vertical ; mais si l'on manœuvre R, le pendule sera entraîné dans le même sens par suite de la résistance qu'oppose le moulinet au mouvement de C ; pour que la manœuvre de R n'entraînât pas le pendule, il faudrait chercher ce résultat et se contraindre à n'agir qu'avec une lenteur tout à fait anormale. Lors même que le déplacement de DE est limité par un butoir, il n'y a aucun inconvénient au point de vue mécanique à continuer le mouvement de R comme on le ferait avec une roue de gouvernail d'un type courant : B tourne

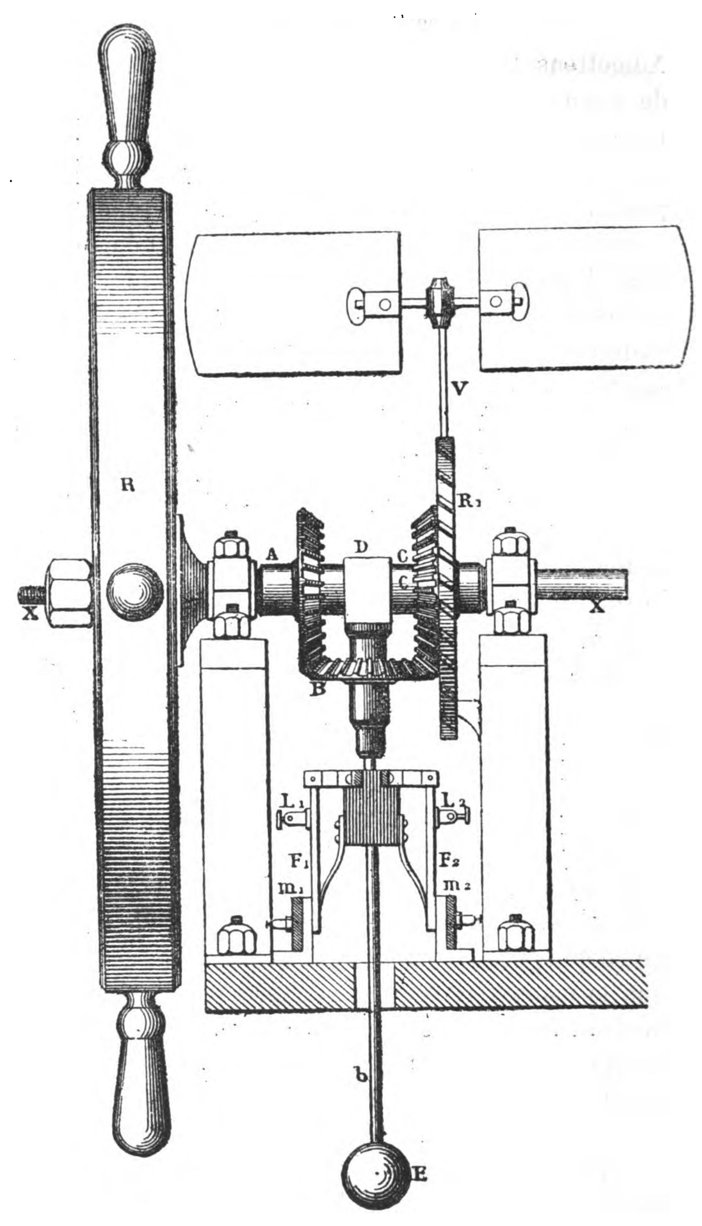


Fig. 16.

alors autour du pendule qu'il maintient contre le butoir dans une position fixe et fait tourner C, sans que les dents d'engrenage aient à supporter un effort exagéré ; il n'en serait évidemment pas de même si la roue C était immobilisée; dans ce cas il y aurait forcément rupture.

Le pendule pouvant être facilement écarté de la verticale et maintenu à l'une des extrémités de sa course, rien n'est plus simple que de le transformer en commutateur. A cet effet on fixe de part et d'autre de la tige *b* deux pièces métalliques F_1 F_2 isolées électriquement l'une de l'autre et de la tige et portant deux bornes L_1 et L_2 auxquelles viennent s'attacher les conducteurs en communication avec la source d'électricité G; en pratique celle-ci est une machine. Aux deux extrémités de sa course, le pendule amène les pièces F_1 et F_2 en contact avec des plaques métalliques m_1, m'_1, m_2, m'_2, reliées en croix deux à deux comme l'indique le croquis ci-joint (*fig.* 17) et réunies par des fils conducteurs au circuit induit du moteur. Le

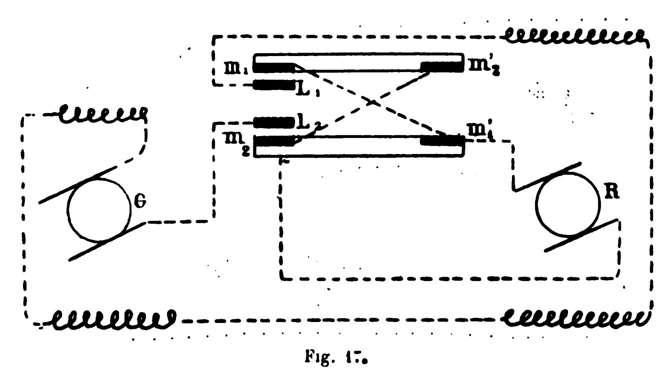


Fig. 17.

courant de la génératrice n'arrive d'ailleurs aux bornes L_1 et L_2 qu'en traversant le circuit inducteur du moteur.

On voit que, les pièce F_1 et F_2 étant dans la position indiquée par le croquis, le courant de la machine génératrice dirigé par exemple de L_1 vers L_2 à travers les inducteurs de la réceptrice, ira de m_2 vers m'_1 et m_1 à travers l'induit. Au contraire si les pièces F_1 et F_2 occupent la position extrême symétrique, le courant parcourra le chemin m'_1 m_2 m'_2 et provoquera dès lors une rotation de l'induit inverse de la précédente.

La continuation du mouvement de R dans un même sens a pour effet de maintenir les pièces de contact F_1 et F_2 dans la même position, c'est-à-dire de prolonger l'action exercée sur l'induit et par suite sur le gouvernail. D'autre part si l'on arrête R, le poids E ramène le pendule dans la verticale; F_1 et F_2 sont donc isolées et le courant ne passe plus dans la réceptrice.

Ici, comme dans bien des cas, un des principaux avantages que présenterait l'emploi de l'électricité consisterait dans la suppression de transmissions mécaniques souvent compliquées et délicates.

G. DE LA TOUANNE.

REMARQUE

SUR L'INSTALLATION D'UN POSTE INTERMÉDIAIRE

PAR DÉRIVATION OU PAR EMBROCHAGE

Considérons trois postes A, B, C situés sur une même ligne, B étant le poste intermédiaire. Soit R la résistance du conducteur entre A et B, R' celle entre B et C et soit R supérieur à R'. On devra, dans le montage en dérivation, introduire en B entre la ligne et le récepteur une résistance égale à R et en C une résistance additionnelle r telle que $r + R' = R$. Les trois résistances à partir du point de divergence seront par là égalisées. Dans le montage par embrochage les résistances R et R' restent les mêmes; un appareil est placé entre les deux.

Quant aux piles, elles doivent être identiques dans les trois postes avec l'un et l'autre système.

Soient :

R et R' les résistances qu'on vient de définir, R étant $> R'$;
ρ la résistance du récepteur de chaque poste;
I_1 l'intensité normale du courant d'arrivée;
e la force électromotrice du type d'élément de pile en usage;
n_1 le nombre d'éléments nécessaire dans l'installation par embrochage pour obtenir l'intensité I_1 à l'arrivée;
n_2 la même quantité pour l'installation en dérivation;
I_2 l'intensité du courant de départ dans ce dernier cas.

Les quantités ρ, e et I_1 sont fixées par les règlements et par l'adoption d'un matériel déterminé.

I. Nous supposerons d'abord les éléments sans résistance.

On a :

$$(a) \qquad I_2 = 2I_1,$$

$$(b) \qquad I_1 = \frac{n_1 e}{R + R' + 2\rho},$$

$$(c) \qquad I_2 = \frac{n_2 e}{R + \frac{R + \rho}{2}}.$$

De ces trois équations l'on tire

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{3R + \rho}{R + R' + 2\rho},$$

n_2 est donc supérieur, égal ou inférieur à n_1, suivant que

$$3R + \rho \gtreqless R + R' + 2\rho,$$

ou

$$2R \gtreqless R' + \rho.$$

Si la résistance R de la plus longue section est supérieure à $\frac{R' + \rho}{2}$, le montage par dérivation devient désavantageux.

Il existe même une valeur limite de la résistance totale de la ligne de A en C au delà de laquelle cette condition est toujours remplie, où par conséquent n_2 est toujours supérieur à n_1.

En effet, soit L la résistance totale,

$$(d) \qquad R + R' = L.$$

L'équation de condition donnant la valeur limite de R, au-dessus de laquelle on a $n_2 > n_1$, est

$$(e) \qquad R = \frac{R' + \rho}{2},$$

En éliminant R', on trouve

$$3R = L + \rho.$$

Or L est au plus égal à 2R. On a donc pour la valeur maxima de R

$$R = \rho,$$

et pour celle de L

$$L = 2\rho.$$

On arrive au même résultat plus rapidement en portant simplement dans (e) pour R′ sa valeur maxima qui par définition est égale à R.

En France, $\rho = 500\omega$ (résistance réglementaire des appareils Morse). Il n'y a donc même pas lieu d'examiner si l'installation par dérivation est possible dès qu'on a affaire à une ligne dont la résistance dépasse 1.000 ohms; encore ceci n'est-il vrai qu'avec des piles sans résistance.

II. Supposons qu'on doive tenir compte de la résistance de la pile et soit γ celle d'un élément.

On a toujours

$$I_2 = 2I_1,$$

puis :

$$I_1 = \frac{n_1 e}{R + R' + 2\rho + n_1\gamma},$$

$$I_2 = \frac{n_2 e}{R + \frac{R+\rho}{2} + n_2\gamma}.$$

On en tire :

$$n_1(e - \gamma I_1) = I_1(R + R' + 2\rho),$$
$$n_2(e - 2\gamma I_1) = I_1(3R + \rho),$$

d'où

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{3R+\rho}{e - 2\gamma I_1}\,\frac{e - \gamma I_1}{R + R' + 2\rho},$$

n_2 est supérieur, égal ou inférieur à n_1, suivant que

$$(3R + \rho)(e - \gamma I_1) \gtreqless (e - 2\gamma I_1)(R + R' + 2\rho),$$

ou, en faisant les réductions,

$$R \gtreqless R'\,\frac{e - 2\gamma I_1}{2e - \gamma I_1} + \rho\,\frac{e - 3\gamma I_1}{2e - \gamma I_1}.$$

La résistance totale maxima de la ligne, au delà de laquelle l'installation par dérivation exige certainement un nombre d'éléments plus grand que l'embrochage est donnée par l'équation

$$R = \rho\,\frac{e - 3\gamma I_1}{e + \gamma I_1} = \rho\left(1 - \frac{4\gamma I_1}{e + \gamma I_1}\right),$$

d'où l'on conclut

$$L = 2\rho\left(1 - \frac{4\gamma I_1}{e + \gamma I_1}\right).$$

On voit que cette quantité est inférieure à celle trouvée dans la première hypothèse.

Les formules montrent d'ailleurs que pour une même valeur de R', la valeur limite de R est toujours moindre dans le cas actuel que dans celui de piles sans résistance.

En supposant comme précédemment

$$\rho = 500\,\omega,$$

et de plus :

$$e = 1,\quad \gamma = 5$$ valeurs approximatives pour un élément Callaud.

$$I_1 = 0^{a},010,$$

on a pour valeur limite

$$L = 1000\left(1 - \frac{0,2}{1 + 0,05}\right) = 809 \text{ ohms}.$$

Si

$$I_1 = 0^{a},020, \qquad L = 636 \text{ ohms}.$$

D'une façon générale la valeur limite de L diminue quand I_1 augmente.

Dans tout ce qui précède, on s'est placé à un point de vue exclusivement électrique et l'on a supposé que la nature de la ligne et celle des appareils récepteurs permettaient de faire abstraction de la durée d'émission. Même lorsque cette dernière hypothèse est pratiquement exacte, des considérations d'un autre ordre (questions d'exploitation, etc.) peuvent évidemment conduire à appliquer le système qui paraît théoriquement le moins rationnel.

G. DE LA TOUANNE.

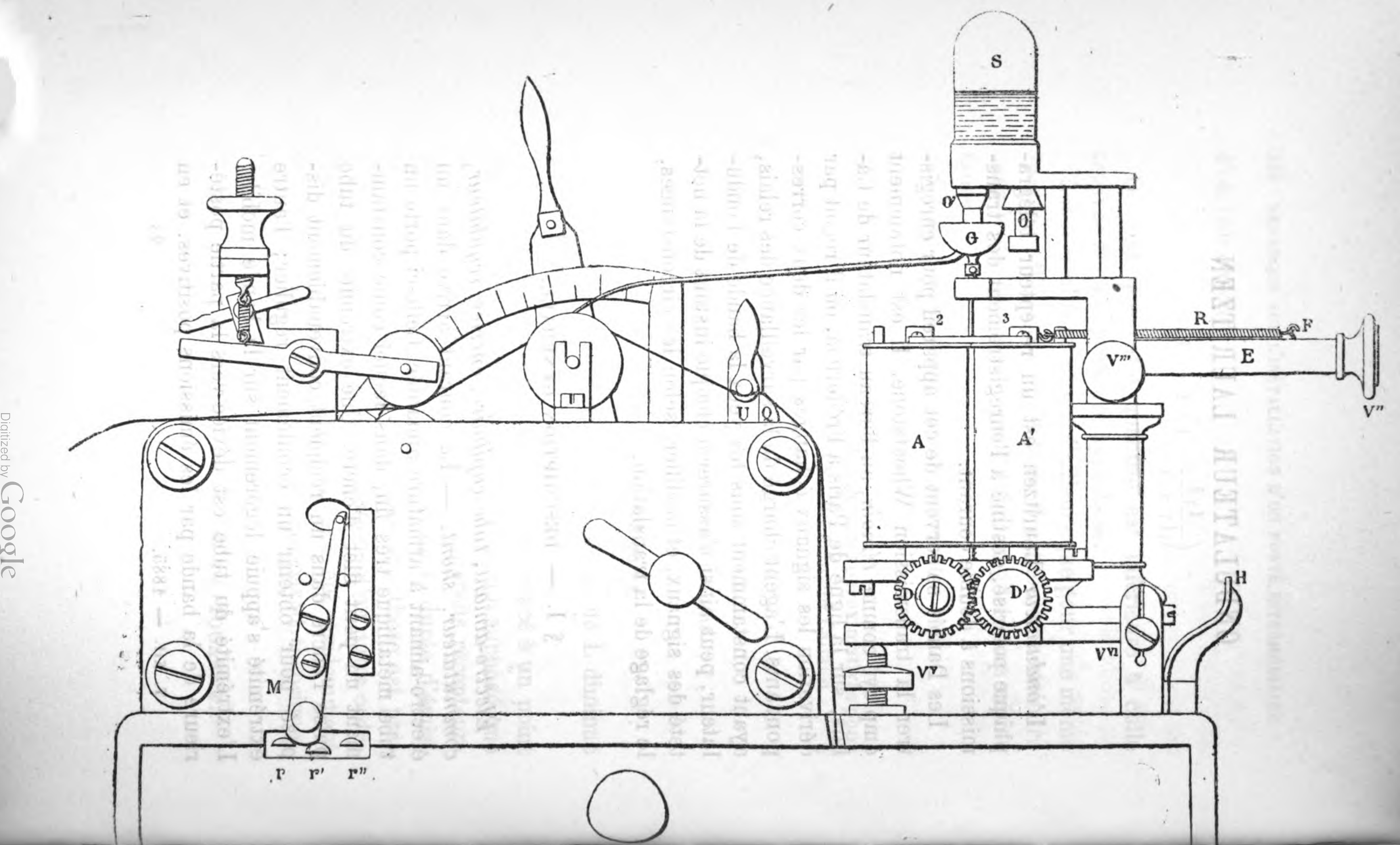
ONDULATEUR LAURITZEN

L'*ondulateur* Lauritzen est un récepteur télégraphique polarisé, destiné à l'enregistrement des transmissions à double courant.

Les Danois se servent de cet appareil pour enregistrer la transmission Wheatstone. Il est notamment employé comme *témoin*, au bureau translateur de Calais, sur la ligne de Paris à Frédéricia, où il reçoit par dérivation les signaux échangés par les deux correspondants. L'agent chargé de la surveillance des relais, ayant constamment sous les yeux la bande de l'ondulateur, peut ainsi s'assurer à chaque instant de la netteté des signaux, et modifier, selon les circonstances, le réglage de la translation.

§ I. — DESCRIPTION GÉNÉRALE.

Électro-aimant, *tube capillaire*, *encrier*, *régulateur*, *commutateur*, *shunt*. — Le courant arrive dans un électro-aimant à armature aimantée. Celle-ci porte un tube métallique très fin, dans lequel coule constamment un petit filet d'encre. Une extrémité du tube puise l'encre dans un récipient convenablement disposé pour obtenir un écoulement régulier; l'autre extrémité s'appuie légèrement sur la bande mobile. L'extrémité du tube est déviée vers la partie postérieure de la bande par les émissions positives, et en



S
O'
O
G
2
3
R
F
E
V'''
V"
U
Q
A
A'
D
D'
H
V^v
V^vi
M
r
r'
r"

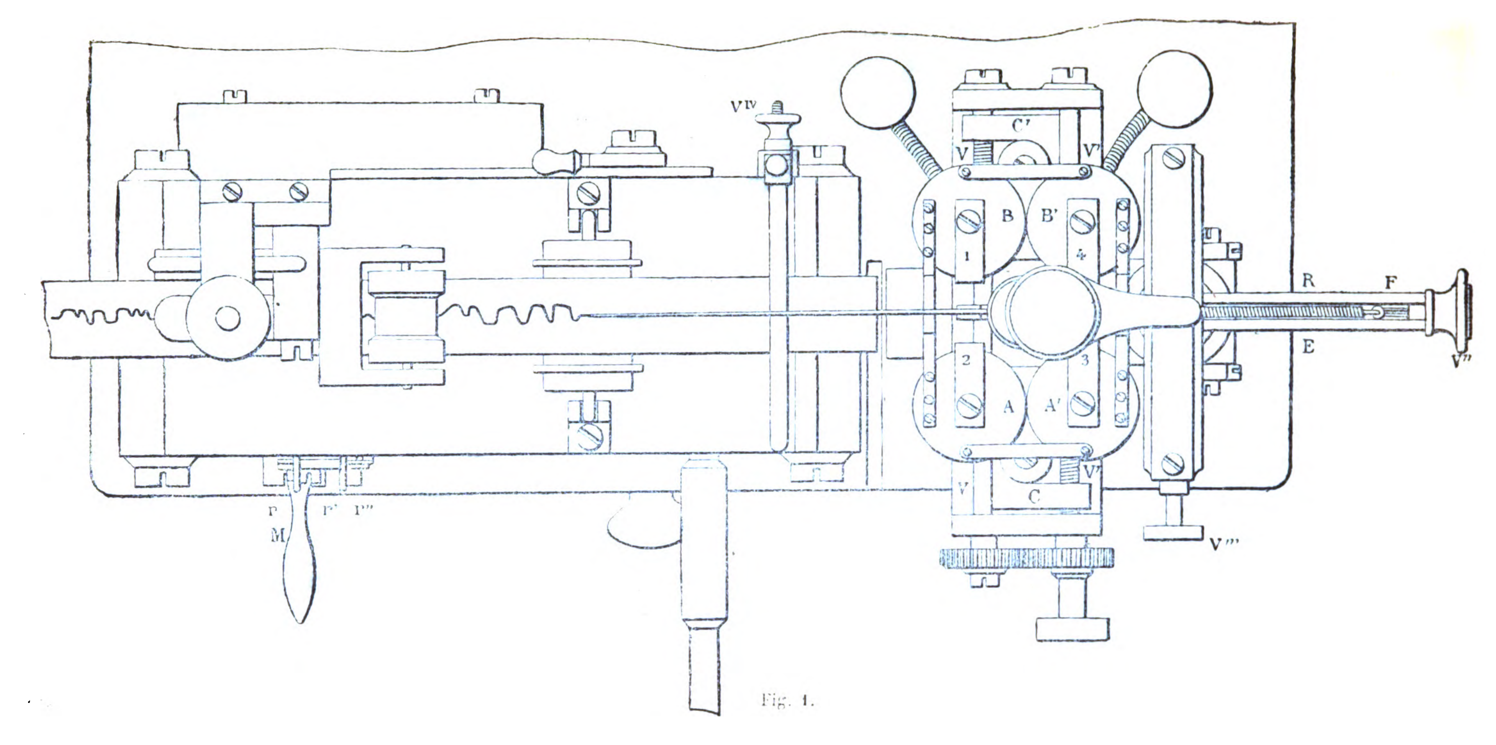


Fig. 1.

sens inverse par les émissions négatives, et la déviation persiste pendant toute la durée de chaque émission. Il s'ensuit que le tube trace sur le papier une ligne ondulée comprenant deux rangées de traits de longueurs variables, réunis par des lignes obliques; les traits de la rangée postérieure reproduisent la transmission Morse; les traits de la rangée antérieure représentent les périodes de repos de la transmission (signaux complémentaires). La *fig.* 2 montre

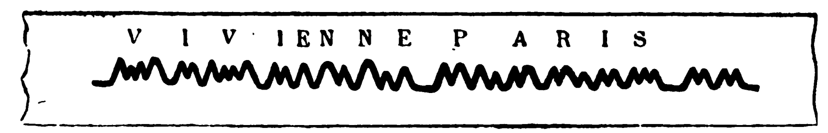


Fig. 2.

un spécimen de ce genre d'écriture. On rend les

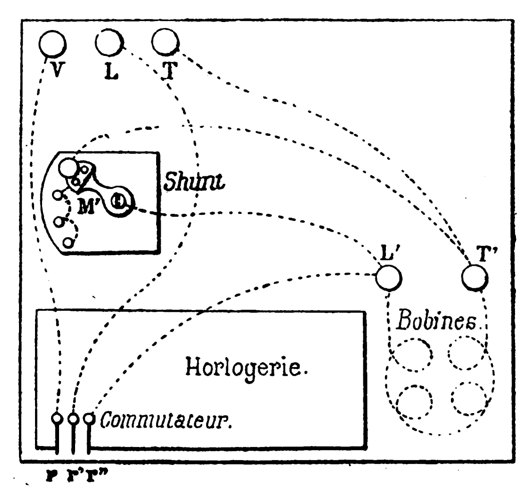


Fig. 3.

signaux Morse très visibles en masquant la rangée de traits antérieure.

Un régulateur, du genre de celui de l'appareil Wheatstone, permet de modifier la vitesse de déroulement de la bande.

Un commutateur automatique met la ligne en communication, soit avec l'électro-aimant, soit avec une sonnerie reliée à la borne V (*fig.* 3). Il est constitué par trois ressorts *r*, *r'*, *r''* (*fig.* 1, 3, 4), sur lesquels s'appuie un levier métallique K (*fig.* 4), fixé à la manette M qui commande l'arrêt du mécanisme d'horlogerie. Le levier en question est isolé du massif de la manette par une plaque d'ébonite, et, dans chacune des positions extrêmes de la manette, la lame K s'appuie sur le ressort médian *r'* et sur l'un ou l'autre des ressorts latéraux, de manière à mettre le ressort central, relié à la borne de ligne de l'appareil, en communication avec les bobines de l'électro-aimant, ou avec la sonnerie.

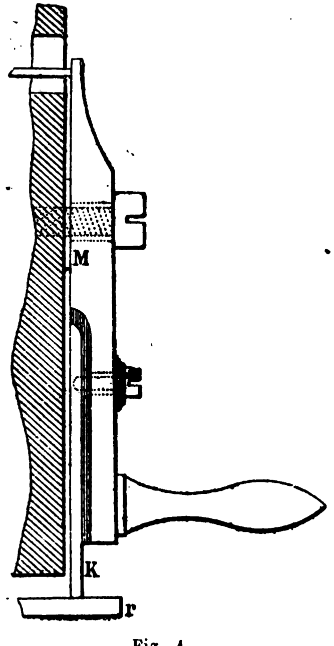


Fig. 4.

Un shunt de résistance variable est placé sur l'électro-aimant, et permet de réduire l'action du courant dans diverses proportions. Le shunt se règle à l'aide d'une manette de rhéostat circulaire M' (*fig.* 3).

§ II. — ORGANE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

Bobines. — L'électro-aimant comprend quatre bobines verticales A, A', B, B' (*fig.* 1), présentant huit plaques polaires, quatre en haut, quatre en bas, se faisant face deux à deux dans la direction perpendiculaire au plan de déroulement de la bande.

Si l'on considère le carré aux sommets duquel se projettent les axes des bobines, deux bobines situées sur un même côté du carré sont parcourues par le courant dans des sens différents. Il résulte de cet arrangement que, dans le plan supérieur, les plaques polaires qui se font face prennent, sous l'action du courant, des polarités différentes, et que les polarités diffèrent encore sur deux pièces polaires contiguës; les polarités sont les mêmes en diagonale. Dans le plan inférieur, les polarités sont encore les mêmes en diagonale, mais la diagonale nord du plan supérieur se superpose à une diagonale sud du plan inférieur et inversement.

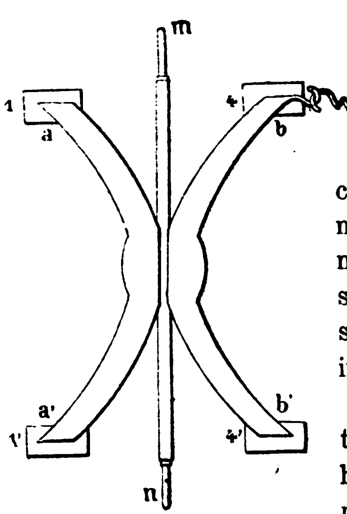


Fig. 5.

Armature. — L'armature est formée de deux barreaux d'acier, aimantés, recourbés en arcs de cercle *aa'*, *bb'* (*fig.* 5) et fixés en leurs milieux sur l'axe *mn*, de manière à former,

par leur réunion une sorte d'X dont les branches ont leurs extrémités en regard des pièces polaires, quand l'armature est en place.

Les pôles de même nom des deux barreaux sont contigus, de telle sorte que les actions magnétiques développées par le passage du courant dans les bobines concordent pour faire tourner l'armature autour de son axe.

C'est à la partie supérieure de l'axe *mn* que s'adapte le tube enregistreur.

Réglage de l'électro-aimant. — L'électro-aimant est pourvu de trois moyens de réglage; l'un d'eux s'applique spécialement aux bobines, les deux autres s'appliquent à l'armature.

Réglage des bobines. — Les bobines antérieures d'une part (A, A′), et les bobines postérieures d'autre

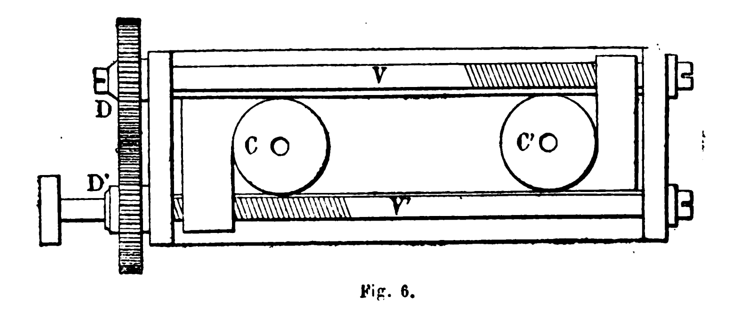


Fig. 6.

part (B, B′), sont liées invariablement l'une à l'autre, mais les deux paires de bobines peuvent se mouvoir à l'encontre l'une de l'autre, de façon à rapprocher plus ou moins les extrémités des pièces polaires du plan médian où se trouve l'armature.

Ce mouvement est obtenu au moyen de deux vis à colliers V, V′ (*fig.* 1, 6, 7) qui tournent en sens in-

verse, grâce à un couple de pignons D, D′, dont l'un porte un bouton de manœuvre.

Sur chaque vis est engagé un écrou faisant corps avec une colonne supportant une paire de bobines. Les deux vis ont leurs filets dans le même sens, de manière que leurs rotations contraires obligent les deux colonnes C, C′, à se mouvoir l'une vers l'autre, ou à s'écarter, en glissant entre deux guides. La *fig.* 7 montre la projection de la pièce C sur un plan perpendiculaire aux axes des deux vis. On voit sur la même figure une coupe des deux règles entre lesquelles glisse le pied de la colonne, et une partie de la plaque de cuivre sur laquelle se fixent les bobines.

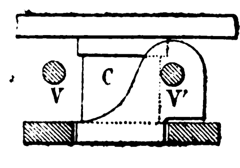
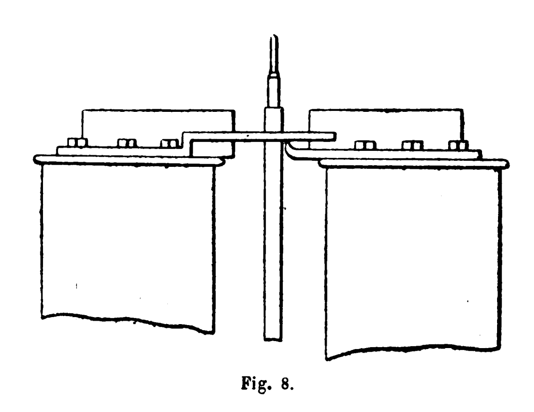


Fig. 7.

La communication entre les bobines postérieures et antérieures est établie au moyen de deux ressorts plats en laiton qui glissent l'un sur l'autre (*fig.* 8), pendant le déplacement des bobines.


Fig. 8.

Réglage de l'armature. — 1° *Rigidité.* La rigidité

de l'armature se règle au moyen d'un ressort à boudin R (*fig.* 1, 5, 9), fixé, d'une part, à la branche postéro-supérieure de l'armature, et, d'autre part, à un chariot F, que l'on peut déplacer horizontalement, dans le plan de l'armature, dans une coulisse en ébonite E, au moyen d'une vis à collier V″ (*fig.* 1, 9, 10). Le ressort R tend à maintenir l'armature dans le plan de repos.

2° *Symétrie*. Le tube d'ébonite E, dans lequel glisse le chariot F, est lui-même porté sur un autre chariot F′, qui peut être déplacé, perpendiculairement au plan de l'armature, par une vis à collier V‴. Le chariot F′ est retenu, par un pied en queue-d'aronde, dans une glissière (*fig.* 9) ; deux ressorts plats, un peu

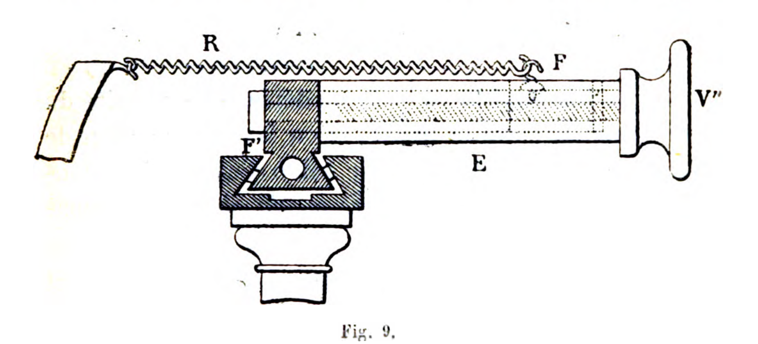


Fig. 9.

courbés, engagés entre les faces de la queue-d'aronde et les faces de la coulisse, assurent la liaison de l'articulation. En agissant sur la vis V‴, on oblique plus ou moins l'armature par rapport aux plans dans lesquels se trouvent les extrémités des pièces polaires.

Les trois réglages dont nous venons de parler produisent les effets suivants :

1° En rapprochant les bobines, on augmente l'am-

plitude des oscillations; mais la bande se lit moins bien, quand cette amplitude est trop grande, l'accroissement d'amplitude étant obtenu au détriment de la longueur des traits de la transmission Morse.

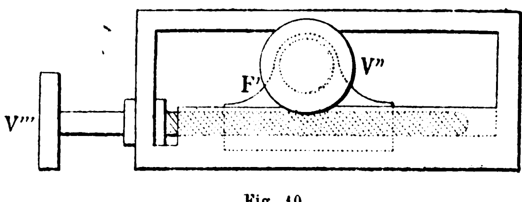


Fig. 10.

2° Par la tension du ressort R, on rend l'écriture moins tremblotante; une tension exagérée rend la réception très ferme, mais la lecture devient alors difficile par suite de la diminution de l'amplitude des ondulations.

3° En tournant la vis V''', on déplace l'extrémité du tube capillaire sur la bande, et on favorise l'action de l'un ou de l'autre courant; selon l'expression consacrée, on « *donne du cuivre ou du zinc* » à l'armature.

§ III. — MÉCANISME IMPRIMEUR.

Le mécanisme imprimeur comprend trois parties : le *tube capillaire*, *l'encrier* et le *tambour d'impression.*

Tube capillaire. — Le tube enregistreur est en argent. Il est représenté en grandeur naturelle, *fig.* 11. Ce tube s'ouvre au fond d'un petit godet hémisphérique G, muni d'un pied creux qui s'engage sur l'extrémité supérieure de l'axe de l'armature, où il est fixé

par une petite vis de pression à tête carrée. Cette vis se manœuvre avec une clef, quand il est nécessaire de démonter le tube.

Fig. 11.

Au centre du godet se trouve une tige de cuivre *t*, de 1 millimètre de diamètre, qui doit pénétrer dans le goulot de l'encrier renversé.

Encrier. — L'encrier, représenté en grandeur naturelle, *fig.* 12, est formé d'une cloche en verre S, montée dans une garniture de cuivre. Cette garniture porte deux orifices ; l'un, *o*, est fermé par un bouchon métallique et muni d'un petit entonnoir pour l'introduction de l'encre ; l'autre, *o'*, est l'orifice d'écoulement, ou le goulot de l'encrier.

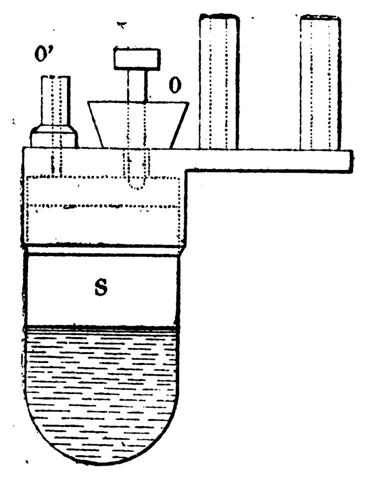


Fig. 12.

L'encrier se fixe au-dessus de la potence qui sou-

tient l'axe de l'armature, au moyen de deux tubes creux qui s'engagent sur deux tiges verticales adaptées à la potence. L'encrier est ainsi renversé, et, au moment où on le met en place, on doit introduire la tige t de la coupe dans le goulot.

Descente de l'encre. — Aussitôt que l'encrier est mis en place, l'encre se met à couler dans le vide cylindrique qui existe entre la tige t et la paroi du tube o'. La tige t favorise l'entrée de l'air dans le récipient. L'encre se répand au fond du godet G jusqu'à ce que, l'orifice du tube o' étant noyé, l'encre cesse de descendre, quand la pression de l'air intérieur est devenue égale à la pression atmosphérique diminuée de la pression correspondante à la colonne d'encre qui s'élève au-dessus du niveau de la coupe.

L'encre descend en même temps dans le tube, et s'écoule par la pointe, ce qui fait baisser le niveau du liquide dans la coupe. Dès que l'orifice du tube o' se découvre, une bulle d'air monte dans l'encrier, et une nouvelle quantité d'encre dans le godet.

On peut admettre, dans ces conditions, que le niveau du liquide dans la coupe reste constant. Il en résulte que la pression du liquide, à l'orifice d'écoulement du tube capillaire, est constante, et uniquement due à la différence de hauteur de la pointe du tube et du niveau de la coupe.

L'écoulement de l'encre se fait ainsi avec un débit uniforme. L'ensemble de l'encrier et du tube avec sa coupe forment une sorte de vase de Mariotte.

Tambour d'impression. — La bande de papier est tendue, sous la pointe du tube enregistreur, sur un cylindre de cuivre monté sur deux tourillons. La tension de la bande sur ce tambour est assurée en avant

par la traction du laminoir, et en arrière par le frottement du papier sur une arête horizontale émoussée Q (*fig.* 1), contre laquelle il est appliqué avec plus ou moins de force par une tringle horizontale U, qui force la bande à se ployer sur l'arête, et dont on peut régler la hauteur au moyen d'une glissière et d'une vis de serrage V^{iv}.

Réglage du frottement du tube. — Pour régler le frottement du tube sur la bande, on agit sur la vis V^{v} (*fig.* 1) dont la tête soulève le plateau qui porte tout le système électro-magnétique, l'encrier et le tube, en le faisant pivoter sur les vis V^{ii}.

Mise du tube au repos. — Dans les intervalles de repos, on relève complètement le plateau et on le renverse en arrière sur un doigt H, contre lequel vient s'appuyer la colonne qui soutient les chariots, l'armature et l'encrier. Alors l'encre cesse de couler par le tube.

Fabrication de l'encre. — L'encre est formée d'un bleu d'aniline dissous dans l'esprit-de-vin. On fait chauffer à la lampe un quart de litre d'un mélange d'alcool et d'eau avec une cuillerée de poudre de bleu d'aniline. L'alcool est suffisamment dilué pour éviter l'inflammation du mélange pendant la cuisson.

On verse le liquide chaud sur un filtre pour le débarrasser des portions non dissoutes et des granulations.

L'encre est ensuite essayée; et, si elle est trop épaisse, on lui ajoute un peu d'esprit; dans le cas contraire, on l'épaissit par l'addition d'un peu d'eau.

Paul Bayol.



POLARISATION

DES RÉCEPTEURS TÉLÉPHONIQUES

NOUVEL ÉLECTRODYNAMOMÈTRE

M. Giltay a donné dans les *Archives néerlandaises* (tomes XIX et XX) la description d'expériences téléphoniques très intéressantes qu'il a faites sur des appareils Bell et sur des condensateurs récepteurs. Il a en outre inventé un électrodynamomètre qui le premier paraît susceptible de mesurer effectivement les courants téléphoniques que peut engendrer la voix ordinaire. Nous allons résumer ici ses deux communications à ce sujet.

I. *Expériences téléphoniques.* — M. Dunand a montré (1881) qu'un condensateur embroché sur le circuit secondaire d'une bobine d'induction rend un son lorsqu'un son semblable est émis devant un microphone placé dans le circuit primaire. Ce son, en général faible et confus, devient très net et assez intense lorsqu'on introduit une pile dans le circuit secondaire. En outre, dans ce cas, le condensateur reproduit la parole articulée. MM. Dunand, Herz, Dolbear, etc., ont fait à ce sujet des expériences variées (V. *Le Téléphone*, par M. du Moncel).

M. Giltay s'est proposé d'étudier de plus près l'ac-

tion téléphonique du condensateur et de donner une explication de l'action, en apparence si singulière, de la pile auxiliaire. A cet effet, dans une première expérience, un élément Leclanché et un microphone Hopkins furent reliés au fil primaire d'une bobine d'induction. Dans le circuit secondaire on introduisit un téléphone, une pile de 10 éléments Bunsen et un condensateur. A la planchette du microphone était suspendue une montre. En tenant à une oreille le condensateur et à l'autre le téléphone, on entendait à chacune, très distinctement, le tic-tac de la montre. Mais si l'on mettait la pile hors du circuit, tout son cessait dans le condensateur, tandis que le téléphone continuait à reproduire le tic-tac.

Dans une seconde expérience, une résistance de 26.000 ohms, constituée par des éléments de sélénium, était introduite dans le circuit secondaire avec une pile de 57 éléments Leclanché. Le condensateur donnait toujours un son, mais beaucoup moins intense lorsque la pile Leclanché était mise hors du circuit. — Cette seconde expérience ayant été répétée sous une autre forme, le résultat fut absolument le même que dans la première.

M. Giltay conclut de là à une première propriété de la pile auxiliaire, savoir de rendre le condensateur beaucoup plus sensible aux courants faibles. Mais cette pile, outre le renforcement du son auquel elle donne lieu, n'est-elle pas indispensable pour la reproduction des sons *articulés?* Pour résoudre cette question, M. Giltay prit un microphone d'Ader, qu'il unit à trois éléments Bunsen et au fil primaire d'une bobine. Les courants téléphoniques qu'il obtenait de cet appareil étaient si forts qu'un téléphone Siemens, mis en com-

munication avec le circuit secondaire de la bobine, était entendu et compris par toute une salle. Si, au lieu d'envoyer ces courants induits au téléphone Siemens, on les envoyait à un condensateur *non chargé*, des mots prononcés devant le microphone étaient encore entendus, mais *non compris*, dans cet appareil, tandis qu'une mélodie sifflée avec force était entendue et reconnue, quoique faiblement. Le condensateur, en l'absence de la pile auxiliaire, est donc incapable de reproduire des sons articulés.

M. Giltay chercha en outre quelle était la force électromotrice minimum de la pile nécessaire pour que le condensateur pût articuler. Il trouva qu'avec deux éléments Leclanché l'articulation était nette, mais qu'elle était déjà suffisante avec un élément.

Voici comment l'auteur de ces expériences explique pourquoi le condensateur non chargé ne peut rendre des sons articulés. A un son simple émis devant le microphone correspond un courant téléphonique dont l'intensité est périodique et peut être représentée en fonction du temps par l'ordonnée de la courbe sinusoïdale suivante :

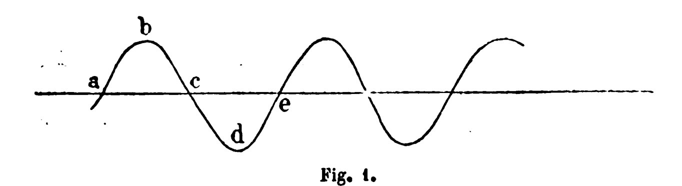


Fig. 1.

La charge du condensateur sera elle-même représentée par une sinusoïde de même période. Mais la force d'attraction des deux armatures du condensateur est proportionnelle au carré de la charge ; elle est positive même lorsque cette dernière est négative, de

telle sorte qu'on peut la représenter par la courbe que voici :

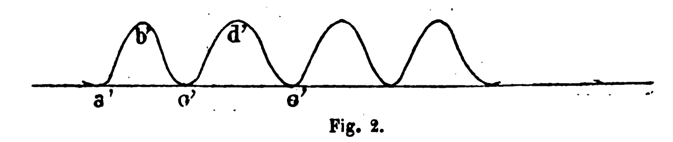


Fig. 2.

les points a', b', c', d', e'... correspondant respectivement à a, b, c, d, e... Cette sinusoïde a donc une période deux fois plus courte que la précédente, et par suite le son résultant du rapprochement périodique des armatures du condensateur sera à l'octave du son émis devant le microphone. Or, d'après M. Giltay, si l'on prononce, par exemple, les voyelles A et O, celles-ci sont caractérisées par les tons si_{b_2} et si_{b_1} ; et le condensateur transformant ces tons en si_{b_3} et si_{b_2}, les deux voyelles sont altérées. En particulier l'O est transformé en A. Cette conclusion a été soumise à une vérification : en prononçant *obrocodobro* devant le microphone, on entendait distinctement *abracadabra* dans le condensateur.

Lorsque le condensateur est chargé par une pile auxiliaire, la *fig.* 1 se change en la *fig.* 3.

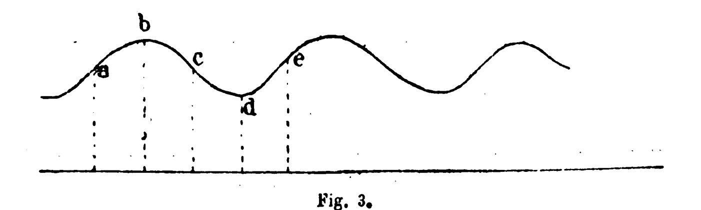


Fig. 3.

Son ordonnée est constamment positive, et la force d'attraction entre les deux armatures sera représentée par une sinusoïde semblable. Le son rendu par le con-

densateur ne sera donc pas altéré. — M. Giltay ajoute à la représentation graphique précédente une traduction mathématique due au professeur Bosscha.

L'auteur applique les mêmes considérations au récepteur magnétique de Bell, lequel, suivant que le noyau est doux ou aimanté, se trouve dans le même cas que le condensateur non chargé ou chargé. En effet, si un récepteur à noyau de fer doux est traversé par un courant téléphonique représenté par la *fig.* 1, le magnétisme induit dans le noyau et dans la plaque vibrante change de signe avec le courant, mais l'attraction de la plaque est toujours positive et par conséquent représentée par la *fig.* 2. Donc le récepteur à noyau de fer doux ne peut reproduire la parole articulée. Il n'en est plus de même si le noyau est aimanté préalablement. Le raisonnement est le même que pour le cas du condensateur. — Les expériences faites par M. Giltay sur des récepteurs Bell, quoique n'ayant pas donné des résultats très nets, confirment bien ses prévisions à ce sujet.

L'auteur a pu se servir du condensateur chargé comme d'un transmetteur. Il a constaté d'ailleurs que l'introduction d'une résistance de 26.000 ohms dans le circuit affaiblit considérablement le son, et il en a conclu : 1° que la résistance interne du condensateur, laquelle est de plus d'un megohm, n'est pas traversée par le courant téléphonique ; 2° que le condensateur n'agit que par sa capacité. Il a également constaté qu'un accroissement de la force électromotrice de la pile auxiliaire, favorable d'abord à la transmission, devient plutôt nuisible à partir d'une certaine limite, même lorsque la résistance de la pile est négligeable. L'explication de ce fait par M. Giltay, qui l'attribue à

la résistance du circuit, ne nous paraît pas exacte (*).

Enfin M. Giltay a essayé divers dispositifs de condensateurs à trois et à quatre armatures. Les résultats obtenus sont curieux, mais sans utilité pratique, ainsi qu'il le remarque lui-même. Nous ne les décrirons pas ici.

II. *Nouvel électrodynamomètre.* — Ader, Kohlrausch, Siemens, etc., ont inventé divers électrodynamomètres, mais aucun de ceux-ci n'est susceptible de mesurer des courants téléphoniques. Celui de Kohlrausch, par exemple, accuse à peine 60 microampères, tandis que des courants de moins de 1 microampère, d'après Bosscha, suffisent à produire un son distinct dans un téléphone Bell.

L'électrodynamomètre de M. Giltay vient combler cette lacune. Il est fondé sur un principe dû à Bellati. Les courants téléphoniques traversent un cadre fixe comprenant 2.400 tours de fils d'une résistance totale de 408 ohms. Au centre du cadre, au lieu de l'aiguille aimantée des galvanomètres ordinaires, est disposé un petit faisceau de fils de fer doux supporté par une suspension bifilaire en fils de cocon et solidaire avec un miroir. Les deux fils de cocon ont 300 millimètres de longueur et sont à $0^{mm},3$ l'un de l'autre. Le faisceau de fer doux fait un angle de 45° avec le cadre; il est donc aimanté par le passage du courant et en même temps dévié de sa position d'équilibre.

Il est facile de voir que les déviations, pourvu qu'elles restent très faibles, sont proportionnelles au carré de l'intensité du courant. Soit en effet A l'angle que forme

(*) Voir, au sujet du rôle du condensateur transmetteur ou récepteur et de la pile auxiliaire, la note sur les transmissions téléphoniques (*Annales télégraphiques*, novembre-décembre 1884).

le faisceau avec la normale au plan des spires du cadre. Si A était nul, le faisceau aurait son maximum d'aimantation sous l'action du courant; son moment magnétique, étant proportionnel à l'intensité i, serait de la forme μi. Pour un angle A quelconque, ce moment sera : $\mu i \cos A = M$. Le couple exercé par le courant sur ce faisceau est proportionnel à M, à i et au cosinus de l'angle $(90° - A)$ que forme ce faisceau avec le plan des spires. On peut donc le représenter par : $2KMi\cos(90° - A) = Ci^2 \sin 2A$, en posant $KM = C$. Si l'angle A correspond à la position d'équilibre du faisceau, pour une déviation α de celui-ci, le couple exercé par le courant sera : $Ci^2 \sin 2(A - \alpha)$; et comme ce couple fait équilibre à la torsion, laquelle est proportionnelle à α pour de petits angles, on aura :

$$Ci^2 \sin 2(A - \alpha) = T\alpha,$$

soit sensiblement :

$$\alpha = \frac{C}{T} i^2 \sin 2A,$$

α étant négligeable devant A. On voit donc : 1° que α est proportionnel à i^2, ce qui caractérise l'électrodynamomètre; 2° que l'on obtiendra le maximum de sensibilité en donnant à $\sin 2A$ sa valeur maximum 1, c'est-à-dire en prenant $A = 45°$ comme nous l'avons indiqué plus haut.

L'électrodynamomètre de M. Giltay est réellement très sensible, comme on en peut juger par l'expérience suivante : Un microphone Blake fut relié avec un élément Leclanché et le circuit primaire d'un petit inducteur; le circuit secondaire fut mis en relation avec l'électrodynamomètre; si dans ces conditions on parlait à une distance de 30 à 40 centimètres de la membrane

microphonique, on obtenait une première déviation (ou impulsion) de 30 millimètres environ sur une échelle placée à deux mètres du miroir. M. Giltay n'a pu d'ailleurs mesurer exactement la sensibilité de son appareil au moyen d'un courant constant, car dans ce cas l'action du magnétisme terrestre devient prépondérante et empêche toute mesure.

On a dans le maniement de cet instrument deux principaux écueils à éviter, comme le fait remarquer l'inventeur. D'abord pour que le champ magnétique terrestre dans lequel se trouve le faisceau de fer doux n'exerce pas une action qui troublerait les mesures, ce faisceau est placé perpendiculairement à la direction de l'aiguille aimantée au point qu'il occupe; son aimantation longitudinale sous l'action terrestre est ainsi annulée. On doit donc, en premier lieu, orienter le cadre et le faisceau de telle sorte que celui-ci fasse un angle de 90° avec le méridien magnétique et de 45° avec le cadre.

En second lieu il est très difficile de trouver des fils de fer absolument doux; de telle sorte que si le passage d'un fort courant dans le cadre ou toute autre cause a aimanté fortement le faisceau, celui-ci conserve ensuite une trace de magnétisme rémanent qui fausse complètement les mesures. En particulier le zéro de l'instrument peut être déplacé notablement à cause du magnétisme terrestre. On sait que le recuit détruirait ce magnétisme rémanent; mais un tel procédé ne serait pas pratique. M. Giltay a imaginé la méthode suivante, qui est très simple et rapide : il fait passer dans le cadre un courant qui donne au faisceau une aimantation de sens contraire et un peu inférieure à celle qu'il a; le magnétisme rémanent a changé de

sens et diminué, comme on le sait. Puis il envoie des courants alternatifs d'intensité décroissante, qui réduisent peu à peu ce magnétisme à zéro. Ces courants alternatifs sont engendrés simplement sous l'action de la voix, forte d'abord, puis décroissante. M. Giltay cite un cas dans lequel le zéro avait été déplacé, par une aimantation accidentelle du faisceau, de la division 181,5 à la division 126. Ayant prononcé devant le téléphone la voyelle O comme il vient d'être dit, il constata, après cessation des oscillations, que le zéro était revenu à 178,5.

L'inventeur a modifié de diverses manières son appareil afin de lui donner une plus grande sensibilité. Nous nous bornerons à indiquer que dans l'une de ces dispositions il a trouvé que sous l'action de 1 microampère le faisceau déviait d'un angle mesuré par $2^{mm},8$ sur une échelle placée à 1 mètre.

L'électrodynamomètre Giltay est construit par la maison P. J. Kipp et fils, de Delft.

A. V.

INDUCTION MUTUELLE

DE DEUX FILS TÉLÉPHONIQUES VOISINS

Lorqu'un fil téléphonique est placé à proximité d'autres fils, on peut, par le premier, percevoir toutes les transmissions effectuées sur les autres. Lorsque ceux-ci sont des fils télégraphiques, le bruit que l'on entend et que l'on désigne ordinairement sous le nom de *friture*, peut devenir très intense, mais pour les personnes ayant un peu d'habitude cela ne constitue pas une gêne absolue pour la compréhension de la parole. Cela tient à la grande différence entre les nombres d'émissions de courants télégraphiques et téléphoniques ayant lieu dans un temps donné. Par exemple, si l'on admet qu'avec un Hughes on fasse en moyenne deux lettres par tour du chariot, avec une vitesse de 120 tours à la minute, il y aura quatre émissions par seconde ; chacune de ces émissions comprenant une période de croissance et une de décroissance, il en résultera huit courants induits sur le fil voisin, tandis que si l'on vient à donner la note la_3 devant la plaque d'un microphone, il y aura 435 vibrations doubles de la plaque et autant de courants sur le fil téléphonique.

Les choses ne se passent plus de même si les fils voisins sont des fils téléphoniques, car non seulement il est difficile de comprendre le correspondant lorsque l'on entend causer en même temps d'autres personnes,

mais encore il est tout au moins désagréable de savoir que les paroles que l'on prononce peuvent être surprises par un tiers.

Considérons une ligne téléphonique à deux fils et voyons quelle différence il y a entre les courants traversant ces deux fils.

D'après la constitution des appareils téléphoniques actuellement en usage, un premier courant, par ses variations d'intensité, détermine des courants induits qui passent sur la ligne et vont actionner les récepteurs du poste correspondant. Ce sont ces courants induits de premier ordre qui, variant eux-mêmes de grandeur et de sens, déterminent dans le fil voisin des courants induits de deuxième ordre.

Quelle est la relation existant, à un instant donné, entre les intensités de ces trois courants?

Soient I, i_1, i_2, les intensités. Appelons R et R' les résistances totales (comprenant pour chacune des lignes le fil induit de la bobine, le fil de ligne et le récepteur), m le coefficient d'induction des deux fils de la bobine, M celui des deux fils de ligne.

La loi fondamentale de l'induction nous donne les relations :

$$(1) \qquad i_1 = \frac{m}{R}\frac{dI}{dt},$$

$$(2) \qquad i_2 = \frac{M}{R'}\frac{di_1}{dt};$$

ou bien :

$$i_1 = \frac{m}{R}\frac{dI}{dt},$$

$$i_2 = \frac{Mm}{RR'}\frac{d^2I}{dt^2}.$$

On ne peut évidemment songer à établir la formule

des fonctions $\frac{dI}{dt}, \frac{d^2I}{dt^2}$, fonctions essentiellement complexes et qui varient suivant la hauteur de la voix, son timbre, la nature des syllabes prononcées, la sensibilité de l'appareil, etc. Mais on peut supposer qu'une personne transmette toujours la même syllabe sans changer d'intonation et sans modifier l'installation de son appareil, ce qui revient à attribuer à $\frac{dI}{dt}$ et à $\frac{d^2I}{dt^2}$ des valeurs déterminées k_1 k_2.

Alors

$$i_1 = \frac{k_1 m}{R},$$

$$i_2 = k_2 \frac{Mm}{RR'},$$

ou en posant $\frac{k_2}{k_1} = c$,

$$\frac{i_2}{i_1} = c\frac{M}{R'}. \tag{3}$$

D'après cette relation on conçoit qu'il soit possible de donner à R′ une valeur suffisamment grande pour rendre i_2 négligeable devant i_1.

Or rien ici ne distingue les deux fils l'un de l'autre, et ce qui s'applique à l'un d'eux sera applicable à l'autre. Il en résulte que nous devrons modifier simultanément R et R′.

En faisant $R' = R$ nous aurons pour une même valeur de $R + R'$ le minimum de i_2 :

$$i_1 = k_1 \frac{m}{R},$$

$$i_2 = k_2 \frac{Mm}{R^2},$$

R entre dans i_1 à la 1re puissance et dans i_2 à la 2e.

On conçoit donc que l'on puisse trouver pour R une valeur telle que, i_1 étant assez grand pour que la transmission soit possible à travers le premier fil, i_2 soit trop faible pour que les sons soient perçus à travers le second.

L'expérience montre d'ailleurs que, sans nuire au bon fonctionnement d'une ligne téléphonique, on peut intercaler sur le circuit une grande résistance, à condition de ne pas augmenter la capacité.

Il est clair que si l'on voulait mesurer exactement la valeur de R convenable, on trouverait une série de valeurs suivant les conditions de l'expérience, c'est-à-dire suivant que la personne qui transmet viendrait à élever ou baisser la voix, à prononcer des syllabes différentes, à s'approcher plus ou moins de la plaque vibrante. Or c'est précisément ce qui arrive en pratique. Aussi doit-on déterminer R, en faisant causer différentes personnes, et en augmentant la résistance intercalée jusqu'à ce que la conversation ne soit plus entendue par le fil voisin.

Ceci revient à prendre pour R la moyenne des valeurs résultant des différentes valeurs de $\frac{d^2I}{dt^2}$; ou plutôt la valeur de R correspondant à une valeur moyenne de $\frac{d^2I}{dt^2}$ adoptée comme résumant les conditions ordinaires de la pratique.

Proposons-nous maintenant, étant donnée une deuxième ligne à deux fils, de déterminer la valeur de R convenable pour éteindre l'induction.

Soit R′ cette nouvelle valeur et M′ le nouveau coefficient d'induction mutuelle, l'intensité i_2 doit être toujours la même. Nous supposons aussi que les appa-

reils sont de même nature :

$$i_2 = \frac{Mm}{R^2} \frac{d^2 I}{dt^2},$$

$$i_2 = \frac{M'm}{R'^2} \frac{d^2 I}{dt^2},$$

$$R' = R\sqrt{\frac{M'}{M}}.$$

L'on voit donc que par un simple calcul, R ayant été déterminé une première fois par l'expérience, on pourra déterminer R′ connaissant M′ et M.

La formule suivante donne la valeur de M en fonction de la longueur l du parcours commun des deux fils et de leur distance h :

$$M = 2l\left(2{,}3 \log \frac{2l}{h} - 1\right).$$

Ceci posé, il s'agit d'intercaler sur la ligne la résistance dont on a calculé préalablement la valeur, en prenant soin que les courants téléphoniques seuls la traversent à l'exclusion des courants de sonneries, attendu que sur certaines lignes il faut employer des résistances de 8.000 à 10.000 ohms, et à moins d'avoir des piles d'une force électromotrice considérable on ne pourrait actionner la sonnerie d'appel.

Le plus simple serait de placer la bobine de résistance entre le commutateur (crochet de suspension du récepteur) et les récepteurs. Mais ceci nécessiterait le démontage de l'appareil et, de plus, la constitution de celui-ci rendrait peu facile l'établissement des contacts nécessaires. Aussi est-il préférable d'intercaler la résistance entre les récepteurs et une des bornes de terre. Pour cela il suffit de déplacer le fil qui relie les bornes de terre et de l'écarter de la vis à laquelle aboutit le fil des récepteurs.

Tout ce qui précède s'applique au cas de deux fils téléphoniques voisins et desservant chacun deux postes particuliers.

Les choses ne se passent plus de la même manière si les deux fils relient deux réseaux téléphoniques.

En effet, si l'on se reporte à la façon dont sont installés les bureaux, et si l'on examine par quelles manœuvres les abonnés d'un des réseaux sont mis en relation avec ceux de l'autre, on voit qu'il existe entre les deux abonnés qui causent deux dérivations situées dans chacun des bureaux centraux. Ces dérivations sont composées des électro-aimants indicateurs et sont destinées à prévenir de la fin de la conversation.

Soient R, r, r' les résistances des lignes reliant les deux postes centraux et chacun de ces postes aux abonnés.

Appelons a la résistance des appareils que nous supposons les mêmes aux deux extrémités, et s la résistance de la déviation.

L'intensité i qui traverse le fil induit de l'appareil est donnée par la formule :

$$i = \frac{m}{\rho} \frac{dI}{dt},$$

$$\rho = a + r + \frac{s\left[R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}\right]}{s + R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}},$$

d'où

$$i = m \frac{dI}{dt} \frac{1}{a + r + \frac{s\left[R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}\right]}{s + R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}}}.$$

$$i_R = i \frac{s}{s + R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}}$$

$$= m \frac{dI}{dt} \frac{s}{(a+r)\left[s + R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}\right] + s\left[R + \frac{s(a+r')}{s+a+r'}\right]},$$

$$i_{r'} = i_R \frac{s}{s+a+r'}$$

$$= m \frac{dI}{dt} \frac{s^2}{(a+r)[(s+R)(s+a+r')+s(a+r')]+s[R(s+a+r')+s(a+r')]}.$$

On tire de là :

$$i_{r'} = m \frac{dI}{dt} \frac{s^2}{R(s+a+r')(s+a+r)+s[(a+r)(s+a+r')+(a+r')(s+a+r)]}.$$

Si l'on suppose que R soit très grand et que les valeurs des autres résistances soient négligeables par rapport à celle de R, la formule se simplifie et devient (si surtout s est négligeable devant R) :

$$(1) \qquad i_{r'} = m \frac{dI}{dt} \frac{s^2}{R(s+a+r)(s+a+r')}.$$

Nous supposerons maintenant que deux fils soient en présence et que l'induction ne se produise qu'entre les deux postes centraux :

$$i_{R_1} = M \frac{dI_R}{dt} \times \frac{1}{R_1 + \frac{s(a+r_1)}{s+a+r_1} + \frac{s(a+r'_1)}{s+a+r'_1}},$$

D'après les formules précédentes

$$i_R = m \frac{dI}{dt} \frac{s(s+a+r')}{R(s+a+r)(s+a+r')+s[(a+r)(s+a+r')+(a+r')(s+a+r)]}.$$

De ces deux formules on tire :

$$i_{R_1} = Mm \frac{d^2I}{dt^2} \frac{s(s+a+r')}{R(s+a+r)(s+a+r')+s[(a+r)(s+a+r')+(a+r')(s+a+r)]}$$

$$\times \frac{(s+a+r_1)(s+a+r'_1)}{R_1(s+a+r_1)(s+a+r'_1)+s[(a+r_1)(s+a+r'_1)+(a+r'_1)(s+a+r_1)]},$$

$$i_{r'_1} = i_{R_1} \frac{s}{s+a+r'_1}.$$

En substituant à $\dot{i}_{R_1}$ sa valeur et supposant, comme plus haut, que s est négligeable par rapport à R et R_1

$$(2) \qquad \dot{i}_{r'_1} = \frac{Mm}{RR_1}\frac{d^2I}{dt^2}\frac{s^2}{(s+a+r)(s+a+r'_1)}.$$

Si l'on compare ces valeurs (1), (2) à celles trouvées dans le cas de deux fils privés, on voit que pour conserver à l'intensité de transmission directe la même valeur ($i_{r'} = i_1$) on ne peut donner à R une valeur aussi grande.

Prenons maintenant le rapport des intensités :

$$(3) \qquad \frac{i_{r'_1}}{i_{r'}} = c\frac{M}{R_1}\frac{s+a+r'}{s+a+r'_1}.$$

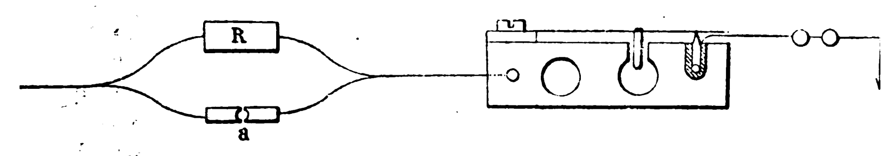
Le facteur $\frac{s+a+r'}{s+a+r'_1}$ est voisin de l'unité, car les valeurs de r' et de r'_1 (résistances des deux lignes des abonnés) sont généralement peu différentes, et de plus ces valeurs sont presque toujours de beaucoup inférieures à $a+s$. De là il résulte que dans l'équation (3) le seul facteur important est R_1 et d'après ce que nous venons de voir pour sa valeur, on ne pourra éteindre l'induction d'une manière aussi complète.

Toutefois l'application du système, si elle permet de savoir quelques mots d'une phrase, rend impossible la compréhension de toute la phrase, résultat qu'il importait surtout d'obtenir.

Quant à la disposition à employer pour l'introduction de la résistance sur la ligne, il suffit de la placer en dérivation.

La seule manœuvre à faire en plus consiste à retirer une fiche a pour causer et à la remettre pour appeler. De plus, à la fin d'une conversation, les indicateurs des

deux abonnés se trouvant en dérivation, peuvent fonctionner. Cette dernière disposition a donné de bons résultats sur les fils Lille-Roubaix et Lille-Tourcoing qui sont situés à 2 mètres de distance l'un de l'autre sur les mêmes appuis entre Lille et Croix (chemin de fer de Lille à Mouscron).



De même sur les fils Lille-Roubaix et Lille-Halluin placés tous deux sur les mêmes appuis sur la route de Lille à Menin, entre Lille et Mouveaux. L'induction de ces deux fils l'un sur l'autre était telle et avait donné lieu à tant de réclamations de la part des abonnés que l'on avait dû renoncer à utiliser le fil de Roubaix (deuxième fil), ou du moins ne l'employer qu'en cas d'absolue nécessité.

Lille, 20 mai 1885.

Le Sous-Ingénieur

G. Mambret.

CHRONIQUE.

Unification des notations électriques.

La Société internationale des électriciens, sur la proposition de M. Hospitalier, a, dans sa séance du 5 novembre 1884, nommé une commission dite des notations électriques. Cette commission, chargée d'étudier les moyens capables de donner à la science et l'industrie électriques l'uniformité des définitions, conventions, notations et symboles, a été composée de de MM. Ed. Becquerel, Marié Davy, Tresca, Blavier, H. Becquerel, Cabanellas, Carpentier, Gauthier-Villars, Hospitalier, Maurice Lévy, Lippmann, Lucas, Mercadier, de Meritens, Monnier, Napoli, Pollard, Raynaud, Williot.

De son côté la *Society of telegraph Engineers and Electricians* de Londres s'est occupée de la même question. Dans la séance de cette société du 14 mai 1885, M. A. Jamieson a lu un long mémoire relatif à la nécessité d'unifier les termes si variés employés par les électriciens pour désigner des quantités identiques. La Société a pris en considération les conclusions de M. Jamieson et a chargé une commission dite *Committee on electrical nomenclature and notation* d'une étude analogue à celle qui a été confiée à la commission française. Sur la proposition de M. Spagnoletti, président de la société, le comité anglais s'est adjoint deux membres de la commission française : MM. Blavier et Hospitalier. En réponse à cet acte de courtoisie, la Société internationale des électriciens, dans sa séance du 10 juin 1885, a nommé membres de la commission des notations électriques le président et le secrétaire du comité anglais.

Nous nous proposons de revenir sur cette question pour faire connaître à nos lecteurs les décisions qui auront été prises par les Commissions française et anglaise.

Sur les propriétés particulières du courant électrique produit par la machine rhéostatique de M. Gaston Planté.

Le flux d'électricité, obtenu à l'aide de la machine rhéostatique, déchargée en *quantité*, présente des propriétés particulières et permet de produire des effets que l'on ne pourrait obtenir ni avec l'électricité voltaïque seule, ni avec les appareils ordinaires de l'électricité statique.

Ces effets sont à la fois mécaniques et calorifiques; mais l'action mécanique est beaucoup plus importante que l'action calorifique. J'ai déjà signalé les nœuds de vibration qui se forment dans un fil fin de platine (1/20 de millimètre) traversé par ce courant, et qui apparaissent à des intervalles presque réguliers, en se présentant sous la forme d'angles aigus réunis par des accolades. La distance entre ces parties plissées du fil varie avec la force électromotrice du courant; si l'on raccourcit le fil, il se déforme complètement, se plie et se replie sur lui-même dans tous les sens et finit bientôt, quoique non tendu, par se rompre spontanément.

Si l'on fait agir ce courant sur un condensateur mince, à lame de mica, qui peut être percé, par suite de la haute tension en jeu, les phénomènes diffèrent complètement de ceux qui se manifestent lorsqu'une batterie secondaire de 800 couples agit seule sur un tel condensateur. Ici ce n'est plus une étincelle électrique ambulante qui se produit, il ne se forme plus un globule de feu avec l'étain et le mica fondus du condensateur; mais il se produit une série continue d'étincelles brillantes sur un même point, et le mica, au lieu d'être fondu, est pulvérisé en petits fragments lamellaires et projeté autour du condensateur, en formant comme une petite grêle artificielle de paillettes micacées. Ainsi c'est surtout un effet mécanique du courant qui se manifeste, au lieu d'un effet calorifique, et on a là un nouvel exemple de la variété des phé-

nomènes que peut produire l'électricité, suivant la nature de la source d'où elle émane.

Si l'on introduit un fil de platine, en relation avec l'un des pôles de la machine rhéostatique de quantité, dans un tube capillaire ouvert à ses deux extrémités, et si l'on fait plonger l'une de ces extrémités dans un vase d'eau salée, l'autre pôle de la machine étant en communication avec le liquide, des étincelles, accompagnées d'un bruit sec particulier, apparaissent à l'extrémité du tube; en même temps, à chacune d'elles correspond un saut brusque du liquide dans le tube, et, comme ces étincelles se succèdent avec une extrême rapidité, le liquide n'ayant point le temps de redescendre, est sans cesse élevé par saccades jusqu'à une hauteur de $0^m,15$ à $0^m,20$, suivant la force électromotrice du courant. On a ainsi une véritable image des effets du bélier hydraulique, produits par une action mécanique due à l'électricité. Parmi les nombreuses analogies qui existent entre les phénomènes produits par des courants électriques de haute tension et les effets produits par des actions mécaniques proprement dites, celle-ci est assurément l'une des plus frappantes qu'on puisse signaler.

Cette expérience permet en outre d'expliquer un phénomène naturel très singulier qui s'est manifesté pendant un violent orage, accompagné de pluie et de grêle, le 30 juillet 1884, à Ribnitz, dans le Mecklembourg-Schwerin, et qui, sans précédent connu jusqu'ici, a paru absolument inexplicable (*). La foudre étant tombée sur une habitation, l'une des vitres de la fenêtre d'une pièce située au premier étage fut percée d'un trou étoilé, et, au moment de l'apparition de l'éclair, on constata l'irruption brusque d'une grande masse d'eau qui parut provenir de la surface du sol, s'éleva sous forme de jet vers le plafond et inonda toute la pièce. Ce fait, observé par plusieurs témoins, peut être considéré comme absolument hors de doute. Il nous paraît s'expliquer par un effet mécanique de l'électricité tout à fait analogue à celui qui se passe dans notre expérience.

(*) Voir la Note du professeur Leonhard Weber (*Zeitschrift für Elektrotechnik*, par J. Karcis, 15 mai 1885, 3e année, p. 282).

Quelle peut être la cause de ces effets d'aspiration produits par l'électricité, quand elle provient d'une source réunissant à la fois la quantité et la tension? Il est permis de penser qu'il se produit, dans ces conditions, des phénomènes de réaction et d'entraînement, comparables à ceux qu'on observe avec des flux de gaz ou de vapeur, sous une haute pression. Lorsque cette étincelle particulière, douée d'une grande puissance mécanique, éclate dans le tube capillaire, en même temps qu'il y a compression dans un sens, il y a raréfaction à l'entour, et la mobilité du milieu, au sein duquel se produit le phénomène, fait que le liquide se précipite dans le vide formé, et peut ainsi effectuer un mouvement marqué d'ascension.

Quant aux propriétés particulières de flux d'électricité, tenant à la fois de celles de l'électricité voltaïque et de l'électricité statique, qui produit ces phénomènes, on peut les attribuer à l'origine même de ce courant et surtout au milieu qui sépare les électrodes ou armatures. Ici, ce n'est pas un électrolyte liquide qui constitue ce milieu comme dans la pile, mais une matière éminemment élastique et isolante, telle que le mica; cependant elle est traversée ou mise en vibration sous l'action d'un courant de haute tension : car il se produit une étincelle de charge avec des condensateurs, comme si les armatures avaient un lien quelque peu conducteur entre elles. Quand les condensateurs se déchargent, la lame de mica est également traversée, comme l'électrolyte d'une pile, et à la recomposition brusque qui se produit alors dans cette lame élastique correspond, dans le circuit extérieur aux condensateurs, un effet mécanique également brusque et instantané. De là, si cet effet est répété consécutivement un grand nombre de fois, un courant *sui generis* qui peut produire des phénomènes particuliers, tels que ceux que je viens de décrire.

(*Comptes rendus.*)

Détermination et enregistrement de la charge des accumulateurs.

Par MM. A. Crova et P. Garbe.

L'application des accumulateurs à la mise en réserve d'une quantité considérable d'énergie électrique ou à la régularisation du débit des machines dynamo-électriques serait très pratique si l'on pouvait connaître exactement la quantité d'énergie ainsi emmagasinée et celle qui se trouve encore en réserve à une époque quelconque de leur fonctionnement. Nous sommes arrivés à la déterminer et à l'enregistrer automatiquement en nous basant sur les principes suivants. Admettons que les réactions chimiques qui se produisent sur les deux plaques de l'accumulateur se bornent, pendant la charge, à transformer la couche de sulfate de plomb de la lame positive en bioxyde de plomb, et celle de la lame négative en plomb métallique ; la charge qui correspond à la décomposition de 1 éq. de sulfate de plomb sur chaque lame transformera :

1° Au pôle positif, PbO,SO^3 en PbO^2, en libérant 1 éq. de SO^3HO ;

2° Au pôle négatif, PbO,SO^3 en Pb, en libérant, 1 éq. de SO^3HO.

L'équivalent électrochimique du plomb étant $1^{mgr},0867$ et celui de l'acide $0^{mgr},51445$, on voit que chaque coulomb emmagasiné agira, pour chaque plaque, sur $1^{mgr},0867$ de plomb, mettant en liberté $1^{mgr},0289$ d'acide.

En réalité, les actions chimiques qui se produisent dans les accumulateurs ne sont pas tout à fait aussi simples, et nous avons observé des phénomènes qui appellent de nouvelles études; cependant, en ce qui concerne la détermination que nous nous sommes proposé de faire, cette théorie peut servir de guide.

Nous nous sommes servis d'accumulateurs du genre Planté, modifiés par M. Faure, du type dit de 40 ampères-heure; le poids de la matière active est de 3 kilogrammes; nous les avons chargés avec 1 litre d'eau acidulée contenant 1/10 en volume d'acide. Le liquide contient donc 184 grammes d'acide

sulfurique qui, s'ils entraient entièrement en combinaison, exigeraient 388 grammes de plomb. Admettons que l'accumulateur puisse recevoir 40 ampères-heure ou 144.000 coulombs; cette charge correspond à la réduction de 155^{gr},8 de plomb sur l'une des lames et à la conversion en bioxyde d'un poids égal de plomb provenant du sulfate de l'autre lame : la quantité d'acide sulfurique mis en liberté sera donc 149^{gr},25 ou bien 3^{gr},73 par ampère-heure. Pour une charge de 40 ampères-heure, la diminution de poids des lames et l'augmentation de poids du liquide seront respectivement de 150 grammes environ. Cette force motrice, proportionnelle à la charge, est largement suffisante pour indiquer ses variations et même pour les enregistrer.

Nous y sommes arrivés par les moyens suivants :

1° Accumulateur de 40 ampères-heure. Intensité initiale du courant de charge, 5^{amp},6. Densité initiale de l'acide, 1,04 à 15°. Quantité d'acide sulfurique contenue dans l'accumulateur, 62 grammes. — La charge a été prolongée vingt-quatre heures, l'intensité du courant a diminué lentement d'abord; au bout de six heures, elle était de 5 ampères; un très léger dégagement gazeux se produisait sur les deux lames; la densité était 1,10, correspondant à 108 grammes d'acide. Au bout de vingt-quatre heures de charge, la densité était devenue 1,145, accusant 200 grammes d'acide dans le liquide. La variation de poids du liquide a donc été de 138 grammes, c'est-à-dire assez voisine du poids calculé.

En notant d'heure en heure la densité de l'acide et l'intensité en ampères, on peut donc dresser une table qui servira, pour un accumulateur donné, à déduire la charge de la densité. Dans une série d'un nombre quelconque d'accumulateurs identiques, une détermination de ce genre, faite sur un seul, permettra de calculer la charge totale du système.

Il est commode, pour des déterminations approchées, de se servir du densimètre de Rousseau; 1 centimètre cube de liquide prélevé dans l'accumulateur permet de se rendre compte immédiatement, au moyen de la courbe des quantités d'acide sulfurique contenues dans des solutions aqueuses de densités connues, de la charge actuelle de l'accumulateur.

On peut se baser sur les variations de densité du liquide pour construire un indicateur de la charge. Pour cela, à un orifice percé au fond de l'accumulateur, on adapte un tube de niveau terminé à sa partie supérieure par un réservoir très large, rempli d'un liquide non miscible, de densité voisine de celle de l'acide étendu; la surface de séparation des deux liquides dans le tube sert d'index. Dans nos expériences, nous nous sommes servis d'acide dont la densité initiale était 1,06, et d'éther benzoïque dont la densité à 15° est 1,05; le tout constitue une sorte de manomètre de Kretz d'une grande sensibilité; nous avons pu ainsi suivre la variation de charge d'un accumulateur, soit en le chargeant directement, soit en déchargeant un accumulateur chargé dans un autre déchargé; ce qui exige plusieurs jours; soit enfin pour étudier l'influence des diverses circonstances sur la charge. L'excursion a été, dans nos essais, de $0^m,08$ à $0^m,10$ pour uue charge complète.

3° Nous avons adapté à l'orifice précédent un tube qui fait communiquer le liquide avec une capsule manométrique fermée par une membrane en caoutchouc qui, sous l'influence de la pression du liquide, variable avec sa densité, fait marcher un levier coudé très léger. On peut ainsi faire indiquer, par une aiguille mobile sur un cadran gradué, la charge de l'accumulateur.

4° Enfin, il est préférable d'utiliser la variation de poids des lames de plomb pour actionner l'indicateur. Nous suspendons l'accumulateur plongeant librement dans le liquide acide à l'un des bras d'une balance munie, sur le prolongement de l'aiguille indicatrice, d'une tige chargée d'un contrepoids qui la transforme en une sorte de peson. L'accumulateur étant équilibré par un poids mobile sur l'autre bras de levier, l'aiguille indique les variations de charge. Cette disposition est identique à celle qui a été appliquée par l'un de nous (*) à l'enregistrement du baromètre : elle est très commode et très précise. Dans notre appareil, l'aiguille est en

(*) A. Crova, Description d'un nouveau baromètre-balance enregistreur (*Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, année 1875, et *Bulletin météorologique de l'Hérault*, année 1875). Cet enregistreur fonctionne régulièrement à la Faculté des sciences depuis 1872.

bois léger et a 1 mètre de longueur; on arrive facilement à lui faire parcourir plus de $0^m,20$ pour une charge complète. Nous adaptons au sommet de l'aiguille un pointeur à encre, qui se meut entre une tringle en acier horizontale et une bande de papier qui se déroule verticalement. Une horloge électrique envoie toutes les dix minutes un courant qui, actionnant un électro-aimant, applique l'aiguille contre le papier quand celui-ci avance d'un millimètre.

Nous avons ainsi obtenu des courbes d'une régularité remarquable soit pour la charge, soit pour la décharge, et leur netteté permet l'étude des particularités les plus délicates de la charge des accumulateurs.

Nous joignons à cette note une bande de notre enregistreur portant plusieurs courbes de charge et de décharge, obtenues dans des conditions variées; avec une décharge de 3 ampères environ, la courbe est rectiligne pendant quinze heures et accuse une uniformité remarquable de débit pendant ce temps.

(*Comptes rendus.*)

Sur les régimes de charge et de décharge des accumulateurs.

Par MM. Crova et Garbe.

Dans une communication précédente, nous avons indiqué les méthodes que nous avons suivies pour observer et enregistrer la charge et la décharge des accumulateurs. Nous résumons dans cette note les résultats que nous avons obtenus par la méthode d'enregistrement.

Nous rappellerons que les accumulateurs dont nous nous sommes servis sont ceux de M. Planté, perfectionnés par M. Faure; chacun d'eux est formé de douze lames de $1^{dmq},1$ sur chaque face, développant sur chaque pôle une surface active de $28^{dmq},4$.

1° *Phénomènes de charge.* — L'intensité du courant de charge étant considérable (12 ampères), le poids des lames diminue rapidement, mais un dégagement gazeux se produit

à leur surface au bout de trois heures; ce dégagement n'indique pas que l'accumulateur est saturé, car la ligne droite inclinée qui accuse le régime de charge (*) commence alors à s'infléchir en tournant sa concavité vers l'axe auquel elle tend à devenir parallèle; elle devient alors tremblée, à cause du dégagement gazeux qui imprime à la balance de légères oscillations, et au bout d'un temps assez long (huit heures environ), elle devient droite et parallèle à l'axe, en accusant ainsi la limite de charge; la diminution totale de poids, correspondant à une charge complète, a été de 148 grammes.

Plus l'intensité du courant de charge est faible, plus tard apparaît le dégagement gazeux; avec un régime constant de charge de 3 ampères, il ne se manifeste que lorsque la charge totale est acquise.

Le dégagement gazeux doit, autant que possible, être évité; en effet, il accuse une perte d'énergie non absorbée, et il concourt à la désagrégation de la couche active; on voit alors des flocons bruns et gris de bioxyde et de sulfate se détacher des lames et tomber au fond du vase.

L'intensité du courant de charge ne doit donc pas dépasser une certaine valeur, qui est celle pour laquelle le dégagement ne se manifeste que lorsque la saturation des lames est obtenue, c'est-à-dire lorsqu'elles cessent de diminuer de poids.

2° *Phénomènes de décharge.* — L'accumulateur étant fermé sur une résistance connue, le régime de débit uniforme s'établit presque instantanément; l'intensité varie à peine au début, et atteint rapidement une constance remarquable; l'enregistreur trace alors une droite, d'autant plus inclinée sur l'axe des abscisses que le débit est plus intense.

Au bout d'un temps variable avec l'intensité du courant de décharge, la ligne droite s'infléchit rapidement; le débit diminue brusquement et l'accumulateur trace une ligne beaucoup moins inclinée, qui finit par dégénérer en une courbe très longue tendant à devenir une droite parallèle à l'axe des abscisses; l'épuisement est alors à peu près complet.

(*) Cette ligne a pour axe des abscisses l'axe des temps, et pour axe des ordonnées les variations de poids de l'accumulateur.

Le second régime de décharge faible et non constante correspond à une fraction, pratiquement non utilisable, de la charge. Plus l'intensité du courant de décharge est grande, plus la ligne droite qui représente le débit pratiquement utilisable et constant est inclinée et courte; plus aussi la durée de la décharge résiduelle correspondant à un faible potentiel est longue; après une décharge puissante de $8^{amp},4$, ayant duré trois heures seulement, la décharge de faible régime a duré cent quinze heures et représentait les 5/8 de la charge totale; une fraction 3/8 de la charge totale était seule utilisée; dans ce cas, il fallait recharger les accumulateurs pour les saturer de nouveau, sans essayer de recueillir la charge résiduelle; mais alors les choses se passent comme si la capacité de l'accumulateur était réduite à une fraction d'autant plus faible que l'intensité du courant de décharge est plus considérable. Plus le courant de décharge est faible, plus le régime constant se prolonge; avec un régime de 3 ampères, nous avons eu un débit constant pendant plus de quinze heures; dans ce cas, la fraction de la charge utilisée en régime constant a été les 2/3 de la charge totale; avec un débit plus faible encore, le rendement utile serait encore plus grand.

Pendant la décharge intense, l'action chimique se localise sur les parties de la couche active immédiatement en contact avec le plomb; si le régime est faible, l'action chimique tend à s'égaliser dans l'épaisseur de la couche; plus il est rapide, plus la couche de sulfate formée au contact du plomb tend à le séparer du reste de la couche active.

Aussi, si, après avoir établi un régime de décharge déterminé, on interrompt le circuit, voit-on la balance tracer, non plus une droite parallèle à l'axe des temps, ce qui indiquerait l'invariabilité du poids des lames, mais une courbe ascendante, qui ne tend que lentement vers une parallèle à l'axe; on voit que, dans ces conditions, l'accumulateur continue à se sulfater quelque temps en circuit ouvert, accusant ainsi des réactions qui se produisent dans l'épaisseur de la couche active, sans émission de courant, entre le plomb, le sulfate formé, le bioxyde restant et l'acide sulfurique libre.

3° *Phénomènes qui se produisent en circuit ouvert.* — Notre méthode nous a permis l'étude prolongée des accumulateurs

même en circuit ouvert. Dans ce dernier cas, l'enregistreur trace une droite parallèle à l'axe des temps, indiquant que la charge se conserve sans déperdition.

Cependant, si, après avoir chargé les accumulateurs par un courant puissant, avec dégagement abondant longtemps prolongé, on laisse le circuit ouvert, la balance accuse un accroissement de poids très lent et relativement faible (5 grammes), en même temps que le voltmètre montre que le potentiel, de $1^{volt},92$ au début, tend lentement vers une valeur fixe de $1^{volt},87$. Cela tient probablement à l'influence des gaz retenus dans la couche active. Au bout de peu de temps, l'accumulateur finit par acquérir un poids et un potentiel invariables, et cette constance s'est maintenue pendant toute la durée de l'enregistrement (40 heures).

Conclusions. — Le potentiel correspondant au régime de charge est constant, tant que l'enregistreur trace sa ligne droite inclinée; le dégagement gazeux n'est pas un indice de saturation, c'est une cause de perte d'énergie et de destruction de la couche, qui apparaît d'autant plus tôt avant la fin de la saturation que le courant de charge est plus puissant.

La rapidité du débit a pour résultat de diminuer la capacité pratiquement utilisable; le travail chimique consécutif à l'interruption ne peut produire aucun résultat utile postérieurement au régime uniforme; car l'effet produit, énergique au moment où l'on referme le circuit, décroît rapidement et s'épuise presque aussitôt.

Les couches épaisses de matière active ne sont donc utiles que lorsque le débit, rapporté à l'unité de surface, est suffisamment faible, environ $0^{amp},1$ par décimètre carré de surface active; il est donc avantageux, dans le cas d'un puissant débit, d'augmenter la surface des lames et d'opérer sur des couches actives d'épaisseur relativement faible; les limites dans lesquelles ont peut augmenter utilement cette épaisseur dépendant du débit par unité de surface des lames, et probablement aussi de la constitution de la couche active, variable avec le mode de construction ou de formation.

(*Comptes rendus.*)



Sur la résistance électrique du cuivre à la température de 200° au-dessous de zéro, et sur le pouvoir isolant de l'oxygène et de l'azote liquides.

Par M. S. Wroblewski.

M. Clausius, en discutant, en 1856, les expériences de M. Arndtsen sur la conductibilité électrique des métaux chimiquement purs à des températures différentes, fit remarquer que la résistance électrique de ces corps doit être sensiblement proportionnelle à la température absolue. Si donc l'on pouvait abaisser la température d'un conducteur métallique jusqu'au zéro absolu, sa résistance s'annulerait, et sa conductibilité croîtrait indéfiniment. Bien que les expériences de MM. Matthiessen et Bose aient rendu peu probable la simplicité de cette relation entre la résistance électrique et la température absolue, j'ai pensé que la conclusion de M. Clausius était digne d'être vérifiée par une expérience faite dans des conditions très différentes.

Dans ce but, j'ai étudié la résistance électrique du cuivre jusqu'au minimum de la température que l'on peut obtenir à l'aide de l'azote bouillant à la température de sa solidification.

Les fils de cuivre employés avaient 4/100 de millimètre en épaisseur, et ont été recouverts d'une double couche de soie (*). Au moyen de ces fils, j'ai fabriqué de petites bobines dont la résistance à la température ordinaire a varié entre 3 et 20 unités Siemens.

Comme on devait plonger ces bobines dans les gaz liquéfiés, j'ai commencé ces expériences par l'étude des propriétés électriques de l'oxygène et de l'azote liquides. L'expérience a montré que ces corps doivent être rangés parmi les isolateurs les plus parfaits.

La résistance a été mesurée, d'après la méthode Wheatstone-Kirchhoff, aux températures suivantes :

(*) L'usine dans laquelle ces fils ont été commandés a garanti une conductibilité de 98 p. 100.

1° La température d'ébullition de l'eau;

2° La température ordinaire;

3° La température de la fusion de la glace;

4° La température d'ébullition de l'éthylène à la pression atmosphérique (— 103° C.);

5° La température critique de l'azote (— 146° C.);

6° La température d'ébullition de l'azote sous la pression atmosphérique (— 193° C.);

7° La température voisine de celle de la solidification de l'azote [— 200° jusqu'à — 202° C. (*)].

Les expériences faites dans l'azote ont été effectuées au moyen de mon appareil que j'ai décrit il y a quelques mois dans mon Mémoire *Sur l'emploi de l'oxygène bouillant, de l'azote, de l'oxyde de carbone et de l'air atmosphérique comme moyens réfrigérants* (**).

Dans le Tableau suivant, qui résume quelques résultats obtenus, t représente la température, r la résistance en unités Siemens, α le coefficient de variation de résistance entre deux températures consécutives.

Bobine I.			Bobine II.		
t	r	α	t	r	α
+100°,0	5,174	»	»	»	»
+ 21 ,4	3,934	0,004365	+ 23°,75	19,251	»
± »	3,614	0,004136	± »	17,559	0,004057
—103 ,0	2,073	0,00414	—103	9,848	0,004263
—146 ,0	1,360	0,004588	—146	6,749	0,004104
—193 ,0	0,580	0,004592	—193	2,731	0,004869
—200 ,0	0,414	0,006562	—201	1,651	0,007688

L'aspect de ces nombres fait voir que la résistance décroît beaucoup plus vite que la température absolue, et qu'elle s'approche de zéro à une température qui n'est pas très éloignée de celle que l'on obtient en évaporant l'azote liquide dans le vide (***).

(*Comptes rendus*, 13 juillet 1885.)

(*) L'azote, comme l'on sait, se solidifie à — 203 C.

(**) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Vienne*, vol. XCI, p. 667-711, 1885.

(***) Voir la note de MM. Cailletet et Bouty sur un travail analogue (*Annales télégraphiques*, mars-avril 1885).

Emploi des courants alternatifs pour la mesure des résistances liquides.

Par MM. Bouty et Foussereau.

Deux méthodes ont été signalées comme fournissant des mesures exactes de la résistance des liquides : l'une, fondée sur l'emploi des électromètres, et dont nous avons fait usage dans nos recherches antérieures, est à l'abri de toute critique, puisqu'elle élimine absolument l'influence de la polarisation des électrodes; l'autre consiste à affaiblir la polarisation jusqu'à la rendre négligeable, en augmentant le plus possible la surface utile des électrodes et en ayant recours à des courants alternatifs de la plus courte durée possible. Cette méthode a été fréquemment employée à l'étranger, particulièrement par M. F. Kohlrausch.

Désireux de nous rendre compte de la comparabilité des résultats obtenus par les deux méthodes, nous avons fait usage d'un petit moteur Marcel Deprez, tournant avec une vitesse de 100 tours par seconde, et nous avons dirigé les courants qu'il fournit dans un pont de Wheatstone, où le galvanomètre était remplacé par un excellent téléphone Ader.

Première expérience. — Les quatre branches du pont sont entièrement métalliques : nous les empruntons à des caisses de résistance de la maison Elliot de Londres ou de la maison Breguet. Il est absolument impossible de régler le pont de manière à rendre le téléphone silencieux. Trois branches A, B, C du pont étant égales à 10.000 ohms, le minimum du bruit correspond à D = 9.300 ohms. Si l'on prenait C comme inconnue, le calcul ordinaire du pont en fournirait donc la valeur avec une erreur de 7 pour 100. Pour A = B = 10 000 ohms, C = 100.000 ohms, on a trouvé D = 80.000 ohms; l'erreur relative serait de 20 pour cent.

Deuxième expérience. — En remplaçant successivement une, deux, trois branches métalliques par des résistances liquides impolarisables, formées de sulfate de zinc concentré avec des électrodes de zinc amalgamé, on améliore beaucoup l'expérience, sans cependant obtenir de bonnes extinctions. On n'en a pas davantage en formant la quatrième branche

d'une sorte de rhéostat à sulfate de cuivre et à électrodes filiformes.

L'induction propre des bobines dans la première expérience, la polarisation des petites électrodes dans la dernière, introduisent dans le pont des forces électromotrices parasites; i en résulte une cause d'erreurs systématiques, qui n'a peut-être pas toujours été évitée par les expérimentateurs. La méthode des courants alternatifs ne peut donc être appliquée que si : 1° *on exclut du circuit toute résistance métallique non rectiligne* et, en particulier, les caisses de résistance du commerce, et que si : 2° on n'emploie, même dans les liqueurs concentrées, que des électrodes à très large surface.

Pour réaliser des mesures dans ces conditions, nous avons utilisé un rhéostat à sulfate de cuivre, dont voici la disposition : deux éprouvettes superposées A et B, pleines de sulfate de cuivre, contiennent chacune une électrode de cuivre de plusieurs décimètres carrés de surface. Les deux éprouvettes communiquent par un tube vertical dans lequel s'engage une tige de verre pleine, de section presque égale, que l'on enfonce à volonté, et dont on note la position à l'aide d'un index et d'une règle divisée. On mesure, à l'aide de courants continus de très faible intensité, la résistance du rhéostat correspondant à chaque division de l'échelle, et l'on peut, désormais, employer l'appareil pour des mesures absolues (*).

La résistance liquide à mesurer est formée par deux vases, contenant chacun une électrode en platine platiné de 1^{dmq} de surface, et communiquant par un siphon plein du même liquide que les vases. Les branches fixes du pont de Wheatstone ont une disposition analogue, mais les électrodes sont des zincs amalgamés de pile, plongeant dans une solution concentrée de sulfate de zinc.

Dans ces conditions, on obtient, au téléphone, des extinctions de bruit *absolues*, et les résultats des mesures concordent sensiblement avec ceux que fournit l'électromètre; mais la précision relative est d'autant plus médiocre que les résistances à comparer sont plus grandes. Par exemple, tandis que

(*) Il est indispensable de connaître la température du liquide, car la résistance du sulfate de cuivre varie de 1/30 de sa valeur à 0°, par degré centigrade.

le rapport des résistances de solutions de chlorure de magnésium et de chlorure de potassium au 1/1000 a été trouvée, dans deux mesures consécutives à l'électromètre, de 1,546 et 1,541, la méthode des courants alternatifs, appliquée aux mêmes liquides, à la même température, a donné 1,609 et 1,586 pour valeur du même rapport.

Les moyennes des valeurs obtenues par les deux méthodes ne diffèrent pas plus entre elles que ne diffèrent deux mesures individuelles du même rapport, fournies par les courants alternatifs; mais, avec l'électromètre, la précision des mesures est bien plus considérable. Il semble même bien difficile que l'on puisse appliquer, avec quelque succès, la méthode des courants alternatifs aux liqueurs très diluées ou extrêmement résistantes que nous avons eu l'occasion d'étudier précédemment (*).

(*Comptes rendus*, 3 août 1885.)

Nécrologie.

Gower

M. Gower, l'inventeur du téléphone qui porte son nom, et promoteur d'un nouveau système de torpilles aériennes décrit récemment dans une conférence donnée par lui devant une institution militaire de Londres, vient de trouver la mort dans une expédition aérienne.

Parti de Cherbourg le 18 juillet, dans un ballon muni d'appareils imaginés par lui et conçus en vue de faire prendre à l'aérostat une altitude quelconque, M. Gower était le même jour, à quelques lieues en mer, près de Dieppe, interpellé par un pilote anglais, auquel il donnait son nom et apprenait que, parti de Cherbourg, il comptait traverser la Manche. Un ballon

(*) Ce travail a été exécuté au laboratoire de Recherches physiques de la Faculté des sciences.

sans nacelle ayant été trouvé en mer à 45 kilomètres de Dieppe, et aucune nouvelle de M. Gower n'étant parvenue à sa famille, qu'il avait toujours eu soin de prévenir ponctuellement lors de ses excursions, il ne reste plus de doute sur le sort malheureux de l'intrépide savant, et il est admis qu'il a dû trouver la mort dans sa périlleuse expédition.

(*L'Électricien.*)

Le Gérant: Dunod. — Imprimerie C. Marpon et E. Flammarion, 26, rue Racine.

ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 **Septembre-Octobre**

RAPPORT DU DOCTEUR W. BURCK

Directeur adjoint du Jardin botanique de Buitenzorg

SUR

SON EXPLORATION DANS LES PADANGSCHE BOVENLANDEN

A LA RECHERCHE

DES ESPÈCES D'ARBRES QUI PRODUISENT LA GUTTA-PERCHA (*)

Avant de communiquer les résultats obtenus dans mon exploration des plateaux supérieurs de Padang, à la recherche de diverses sortes d'arbres produisant la gutta-percha, il me paraît essentiel d'exposer brièvement l'état de nos connaissances touchant l'origine botanique de cet important produit, et d'indiquer les points qui exigent encore des éclaircissements.

Chacun sait que, de même que le caoutchouc, la matière qui porte le nom de gutta-percha, ou getah-pertja, n'est autre chose qu'un suc laiteux solidifié, provenant de quelques arbres par une incision faite dans leur écorce.

(*) Publié à Saïgon, à l'Imprimerie coloniale, 1885.



La gutta-percha se distingue toutefois, et de premier abord, du caoutchouc par la propriété de devenir molle ou plastique quand elle est plongée dans de l'eau dont la température n'a pas atteint 100° centigrades et de reprendre en se refroidissant sa dureté première. Envoyé pour la première fois en Europe en 1843, ce remarquable produit y a trouvé immédiatement un emploi si considérable dans les diverses branches d'industrie qu'il est, à l'heure présente, regardé comme indispensable.

Le végétal produisant la gutta-percha resta inconnu jusqu'à l'année 1848, où le voyageur anglais M. Thomas Lobb, qui voyageait comme botaniste pour la maison Veisch, le trouva dans l'île de Singapore.

Par l'intermédiaire de ce voyageur et surtout du docteur Oxley, médecin à Singapore, des branches de cet arbre portant des fleurs et des feuilles furent envoyées à Sir William Jackson Hooker, qui décrivit la plante et en fit le dessin sous le nom de *Isonandra gutta* (*).

Bientôt parut sur l'arbre et ses produits, ainsi que la manière dont l'indigène l'exploite, une dissertation plus étendue du même docteur Oxley (**), où il soutenait qu'il ne restait de cet arbre, jadis si commun dans l'île de Singapore, que quelques arbrisseaux, depuis que la cognée avait abattu tous les grands arbres. Toutefois les inquiétudes suscitées par la diminution de ce producteur s'amoindrirent lorsque Montgomery qui, en 1843, avait appris à connaître la gutta-percha

(*) *London journal of Botany*, 1848, p. 463-465. Voir aussi W. H. de Vriese, *Tuinbouwflora* III, 1856, et *De handet in getah pertja*, etc. Leiden, Sythoff, 1866.

(**) *Edinb. New phil. journ.*, *janv.* 1848.

et, en l'important en Europe, avait attiré sur elle l'attention des industriels, fit savoir qu'on trouvait le même producteur dans la presqu'île de Malacca et à la côte méridionale de Bornéo, où, d'après Sir James Brooke, il était connu sous le nom de *Njatoeh* et disséminé partout dans les forêts de Sarawak.

Sur quelles données reposait cette communication rassurante, c'est ce qu'on ne trouvait déterminé nulle part. Il n'était pas rigoureusement reconnu que le producteur de Malacca et de la côte méridionale de Bornéo fût effectivement identique à celui de Singapore, et l'on n'avait sur l'existence de l'*Isonandra gutta* dans les forêts de Sarawak d'autres données positives que les renseignements fournis par James Brooke.

Le nom de *Njatoeh* n'est pas exclusivement celui d'un végétal particulier, mais il est donné par l'indigène de Bornéo et de Sumatra à tout arbre produisant une matière laiteuse.

Bientôt les produits importés sur les marchés d'Europe sous le nom de gutta-percha, ayant paru de qualité très différente, on douta que la gutta-percha fût le produit d'un même et unique végétal. Montgomery en distingua trois variétés : la gutta-girek, la gutta-tuban et la gutta-percha; le docteur Oxley mentionna sept espèces provenant de Bornéo, dont trois produisaient la gutta-tuban et se distinguaient l'une de l'autre par la couleur du bois. En outre, les sucs laiteux de ces trois espèces étaient d'une qualité très-différente. Il est évident que ces diverses communications rendaient plus incertaine l'origine botanique du produit en question.

Déjà l'on ne se contentait plus de parler de la gutta-percha, on citait encore d'autres noms sans qu'il

parût suffisamment démontré qu'ils eussent quelque rapport avec l'arbre au suc laiteux décrit par Sir William Hooker.

On alla même jusqu'à prétendre que la gutta-tuban était le meilleur produit, et l'on ne cita plus le nom du producteur primitif parmi ceux qui donnaient un produit de bonne qualité. La gutta-tuban n'était pourtant que le produit de différents arbres, se distinguant à la couleur de leur bois.

On ne disait pas non plus si les arbres précités se différenciaient l'un de l'autre sous d'autres rapports; et l'on peut facilement supposer que ces explications n'avaient d'autre base que les renseignements fournis par les indigènes, pour qui de pareils signes de distinction étaient largement suffisants.

De ces recherches on pouvait conclure avec certitude que le produit connu dans le commerce sous le nom de gutta-percha n'était pas toujours le suc laiteux provenant de l'arbre *Isonondra gutta Hook.*; mais qu'il pouvait être d'une origine botanique très différente. D'ailleurs on ignorait l'origine botanique des divers échantillons livrés au commerce. Ces premières communications et explorations faites par les naturalistes anglais précités n'ont pas arrêté les efforts pour éclairer la question : Teysmann, Binnendyk, James Mottley et le professeur de Leyde, de Vriese, pour ne citer qu'eux, ont pris la chose à cœur et ont poursuivi leurs tentatives qui, il faut l'avouer, n'ont produit que peu de résultats.

On rencontre, il est vrai, dans la même famille à laquelle appartient l'*Isonandra gutta Hook.* beaucoup d'arbres qui, par l'incision de leur écorce, produisent un suc laiteux plus ou moins semblable à celui de

l'Isonandra; toutefois, on ne saurait certifier que ces produits identiques à ceux de l'Isonandra aient été réellement répandus dans le commerce; bien plus, on n'était point encore parvenu à désigner, d'après l'échantillon, l'arbre producteur.

Rien de plus vrai que l'observation faite par M. Beauvisage, qui (*), il y a deux ans, a fait une étude très importante et judicieuse de l'origine botanique de la matière en question : « Dès le début de l'histoire de la gutta-percha, dit-il, nous ne trouvons donc qu'obscurité et confusion, quant à son origine botanique. Cette obscurité et cette confusion ne feront que s'accroître à mesure que nous avancerons dans cette étude. »

Si le problème n'est pas résolu au point de vue botanique, il ne l'est pas davantage au point de vue technique et pratique. Les industriels européens se plaignent avec raison de recevoir le même produit sous divers noms. Ce désordre a été poussé si loin que deux industriels ne peuvent s'entendre sur la valeur à assigner à tel échantillon déterminé.

« J'ai demandé tout d'abord, dit Beauvisage, aux industriels quelles étaient les meilleures sortes de gutta-percha. L'un d'eux me désigna comme telles les Macassar, l'autre les Sumatra et quelques Bornéo, l'autre les Bandjermasin, un autre enfin les Singapore; chacun d'eux accordant peu d'estime au produit que les autres appréciaient davantage ou bien ne le désignant pas sous le même nom. »

Beauvisage crut devoir attribuer la qualité différente des échantillons offerts sous le même nom aux diverses

(*) *Contribution à l'étude des origines de la gutta-percha*, Paris 1881.

falsifications et sophistications que subit le produit avant d'arriver au fabricant. Évidemment cette raison est excellente, mais elle n'est ni l'unique ni la principale, à mon avis. Déjà une inspection préalable des nombreux spécimens recueillis par Teysmann dans ses intéressants voyages à travers l'archipel et conservés dans notre herbier, m'avait démontré plus d'une fois qu'une même espèce d'arbre porte une foule de noms indigènes divers, non seulement dans les divers endroits très éloignés les uns des autres, où l'on rencontre l'arbre à gutta-percha, mais même dans le même district, tandis qu'à l'inverse, on a donné le même nom aux espèces d'arbres les plus différentes.

Qu'on me permette un exemple ; je reviendrai d'ailleurs là-dessus plus amplement. Un njatoeh balam doerian originaire des plateaux supérieurs de Padang ne diffère pas seulement du njatoeh balam doerian de Bornéo, mais même ceux que l'on trouve désignés par le même nom, dans les divers districts de cette résidence, diffèrent considérablement entre eux tant pour l'origine botanique que pour les propriétés du suc laiteux. Il s'ensuit donc que, lorsqu'un fabricant achète une quantité de gutta balam doerian, sorte qu'il a mise en œuvre naguère et qui lui a paru d'une qualité excellente, il n'a pas la moindre certitude que son nouvel achat possède les mêmes qualités que le précédent, bien qu'il porte le même nom et provienne du même endroit. Toutefois on ne serait pas justifié à attribuer à la falsification cette différence dans la qualité du produit.

Les spécimens desséchés, conservés au musée, étaient trop incomplets pour qu'on pût avec certitude déterminer une seule espèce. Il n'y avait ni fleurs ni

fruits, si nécessaires à la détermination exacte, et en outre, point d'indice pouvant servir à préciser la valeur du produit.

Nous n'avions pas non plus d'échantillons propres à nous éclairer sur sa signification technique. Il est vrai qu'au commencement de l'année précédente, sur l'invitation faite par le directeur aux fonctionnaires du département de l'intérieur, résidant à Banka et à Sumatra, le Jardin botanique avait reçu quelques envois de végétaux producteurs, ainsi que leurs produits.

Bien que ces envois témoignassent de soins minutieux et fissent faire aux recherches un pas important, ils ne purent cependant diminuer la confusion; des spécimens séchés, rangés sous le même nom, originaires de divers endroits, parurent représenter des espèces différentes, tandis que d'autres fois, comme nous l'avons dit plus haut, une seule espèce portait divers noms indigènes.

L'herbier, en outre, laissait beaucoup à désirer; comme les fleurs et les fruits y manquaient, il ne fallait pas songer à distinguer et à décrire exactement les plantes, d'autant que dans le genre Dichopsis (*Isonandra Hook.*) comme chez beaucoup de plantes tropicales, les feuilles des différentes espèces sont tellement semblables que l'on commettrait les plus grossières méprises en concluant à l'identité des espèces par suite de la ressemblance des feuilles. Il est arrivé plus d'une fois que les feuilles de deux plantes étaient parfaitement identiques, tandis que les échantillons du produit étaient de qualités trop différentes pour permettre de conclure qu'ils provenaient de la même espèce.

Ce qu'il y a eu d'incomplet dans les divers spécimens ne peut être attribué au manque de soins; même dans les herbiers les plus renommés d'Europe, on ne trouve pas d'exemplaires complets du producteur de la gutta-percha.

Il y a deux ans, MM. Beauvisage et Baillon qui s'étaient donné beaucoup de peine pour se procurer un seul spécimen complet de l'espèce la mieux connue de toutes : le *Dichopsis gutta Benth.* (*Isonandra gutta Hook.*), n'ont pu y réussir. L'exemplaire authentique du British Museum, cédé au professeur Baillon pour être livré à son examen, ne possédait ni fleurs écloses, ni fruits mûrs. Il en était de même de l'exemplaire original décrit par sir William Hooker. Ces empêchements proviennent évidemment de la difficulté de se procurer un spécimen complet dans toutes ses parties; d'après mes observations particulières, ces arbres ne fleurissent tout au plus qu'une fois par an, sans donner à la fois leurs fleurs et leurs fruits. En outre, les fleurs petites et à peine visibles contrastent avec la hauteur considérable de l'arbre, de sorte que d'en bas l'œil peut à peine constater la floraison.

Je suis plus que jamais convaincu que la principale cause de ces empêchements consiste en ce que la plupart des arbres de toute espèce produisant une gutta de bonne qualité ont été abattus; ce n'est que très rarement qu'on en voit dans les forêts un exemplaire adulte.

Les arbres à gutta-percha doivent avoir atteint un âge assez avancé avant d'entrer en floraison et d'être arrivés à une croissance complète. Les envois faits de Banka et de Sumatra par les fonctionnaires du Département de l'intérieur ont pu éclairer la question sur la

valeur technique du produit, et prouver que la bonne gutta-percha n'a pas besoin d'être, comme on le pensait généralement, le produit du *Dichopsis gutta Benth.* Mais quant à l'origine botanique des produits livrés au commerce, tout est resté dans une profonde obscurité. Un fait remarquable à mentionner, c'est que ni parmi ces plantes envoyées, ni dans la grande collection conservée dans notre herbier, on ne trouvait la plante qui, suivant l'opinion générale, était la véritable plante mère de la gutta-percha, répandue partout dans notre archipel. Dans le cours de l'année précédente, le directeur du département des travaux publics invita les fonctionnaires placés sous ses ordres à envoyer une seconde collection d'échantillons; beaucoup de ceux-ci provenaient de districts qui n'avaient fourni aucun spécimen à l'herbier du Jardin botanique. Cette collection fut remise à l'inspecteur général des postes et du service télégraphique à Batavia, et envoyée par lui à l'exposition internationale coloniale et d'exportation d'Amsterdam.

C'est à la bienveillance du même inspecteur que le Jardin botanique doit de posséder des exemplaires en double de ces échantillons.

Il est toutefois à regretter qu'à cette collection on n'ait point ajouté un herbier à l'aide duquel on aurait pu constater l'origine botanique des échantillons. Quelle que fût l'importance de cette collection, elle ne pouvait servir qu'à prouver la quantité remarquable des producteurs de la gutta-percha, mais elle n'avait pas fait faire à la science un pas en avant.

C'est ainsi que le Jardin botanique possédait une nombreuse collection de spécimens desséchés provenant des végétaux donnant la gutta-percha, sans avoir

en même temps les échantillons de leurs produits; et une grande collection d'échantillons de gutta-percha sans les spécimens botaniques; quelques envois cependant se composaient à la fois de spécimens et d'échantillons, mais ils ne s'accordaient ni avec le nom du végétal ni avec la qualité du produit. Nous n'entrerons pas en plus de détails relativement à ce sujet; nous y reviendrons à propos de la description des espèces.

L'état actuel de cette importante question peut se résumer de la manière suivante :

Les échantillons de gutta-percha sont répandus dans le commerce en quantité considérable. Quelle que soit cette quantité, il est impossible, à l'heure présente, de déterminer l'origine botanique d'un seul de ces échantillons. Le *Dichopsis gutta Benth.* (*Isonandra gutta Hook.*) lui-même, la seule espèce d'arbre produisant la gutta-percha dont on avait envoyé en Europe des spécimens botaniques en même temps que le produit, n'a pu être, jusqu'à présent, exactement et complètement décrit, parce qu'aucun savant n'en a vu ni les fruits, ni les graines dans leur maturité, De même, personne ne peut en ce moment affirmer avec certitude l'origine de tel ou tel produit livré au commerce. J'irai plus loin en osant soutenir (je le prouverai plus tard) que cet arbre n'a été trouvé jusqu'à présent nulle part qu'à Singapore, et que depuis qu'il a disparu des forêts de Singapore, par suite de l'exploitation insensée faite par les indigènes, personne n'est en état de répondre affirmativement à la question : « Pourrait-on retrouver le Dichopsis gutta, quelque part, à l'état sauvage? »

Espèces d'arbres produisant la gutta-percha et le caoutchouc trouvées dans mes explorations à Sumatra.

CIRCONSCRIPTION L KOTA'S.

Subdivision L Kota's.

Njatoeh balam laboeai.	Ampaloo. (Halaban.)
Njatoeh balam baringin	*Id.*
Njatoeh balam tembaga	*Id.*
Njatoeh balam doerian.	*Id.*
Njatoeh balam soesoen.	*Id.*
Njatoeh balam ampaloo	*Id.*
Njatoeh balam selindit.	*Id.*
Njotoeh balam soedoe-soedoe	*Id.*
Njatoeh balam Bindaloe (Pindaloe)	Mont Sagoh.
Njatoeh balam pipit	Pajakombo.
Njatoeh boenga tandjong.	Ampaloo. (Halaban).
Njatoeh balam pisang	*Id.*
Ngarit djankeh	*Id.*
Kiara djengang (Kajoe aro)	*Id.*
Koebang tenkeh	*Id.*
Kadjai battang.	*Id.*

Subdivisions Pangkalan, Kota Baroe, XII Kota Kampar et Gloegoer.

Njatoeh balam soendai (sandai, soentei) . .	Tangjoeng balik.
Njatoeh balam.	Gloegoer.
Njatoeh balam tembaga	*Id.*
Njatoeh balam.	*Id.*
Njatoeh balam sirah (merah)	Tandjoeng balik.
Njatoeh balam tembaga	*Id.*
Njatoeh simeney	Pangkalan kapas.

Subdivisions Poear Datar et Mahi.

Njatoeh balam tembaga	Poear.
Njatoeh balam.	Bahroe goenoeng.
Njatoeh balam tembaga	Keta toea.

CIRCONSCRIPTION XIII ET IX KOTA'S.

Subdivision de Soepajang.

Njatoah balam doerian.	Ajer boesoeq.
Njatoeh balam tembaga	*Id.*
Njatoeh balam pipit	*Id.*
Kadjal soedoe soedoe	*Id.*
Njatoeh pinaga ou poenaga	*Id.*
Ngarit gagang sirih	*Id.*
Ngarit pipis.	*Id.*
Getah gitan.	*Id.*

CIRCONSCRIPTION BATIPOE ET X KOTA'S.

Njatoeh balam soegi soegi.	Singalang.
Njatoeh balam soedoe soedoe.	*Id.*
Njatoeh toempanek.	*Id.*
Tjoebadaq aï (Nangka oetan)	*Id.*
Njatoeh pinaga ou pertja	*Id.*

CIRCONSCRIPTION PRIAMAN (TERRES BASSES DE PADANG).

Subdivision de Kajoe Tanam.

Njatoeh balam tembaga	Andoering.
Njatoeh balam doerian.	*Id.*
Njatoeh palapa.	Goegoe.
Njatoeh soedoe soedoe.	*Id.*
Njatoeh balam bringin.	*Id.*

J'ai remarqué que l'indigène désigne en général l'arbre au suc laiteux par les noms de *njatoeh balam* ou de *kajoe balam* ou simplement de *njatoeh*, de sorte que ce mot n'indique pas une espèce spéciale, mais n'est qu'une dénomination générale. Le suc laiteux figé est appelé *getah balam* ou simplement *getah*.

Dans les districts où la population s'occupe peu de l'exploitation de la gutta, les diverses espèces restent sans désignation spéciale, comme à Gloegoer, par exemple.

Ailleurs, le nom placé après njatoeh balam désigne une sorte particulière. Parmi les sortes de gutta que nous avons énoncées plus haut, il y en a beaucoup qui doivent être considérées comme étant du caoutchouc, et peuvent par là rester hors de discussion : telles sont les ngarit, kadjaï, koebang, gitan, etc. D'autres fournissent un produit trop friable, quelques-unes un suc trop gluant, qui ne peut être, soit seul, soit mêlé avec d'autres sortes, employé dans l'industrie que comme glu : telles sont les tjoebadaq aï, pinaga, getah soegi-soegi, etc.

Dans la liste que nous venons de donner, le même nom est plusieurs fois répété; l'on se tromperait cependant en croyant qu'il désigne dans tous les cas le produit d'un même arbre. Les trois espèces de njatoeh balam doerian qu'on trouve dans la liste représentent autant d'arbres différents. C'est ainsi que le njatoeh balam tembaga du district Soepayang est un tout autre producteur que celui qui porte le même nom dans les divers districts des L Kota's ou de Kajoe Tanam. Par là nous voyons se confirmer ce que la recherche préalable faite dans l'herbier du Jardin botanique avait déjà mis en lumière, c'est-à-dire qu'on a donné le même nom à des producteurs différents, ou bien, à l'inverse, que le même arbre porte différents noms en diverses localités et quelquefois dans la même forêt.

C'est ainsi que le njatoeh balam soesoen de Halaban, district L Kota's, et le njatoeh balam sirah ou merah de Pangkalan sont à tous égards semblables au njatoeh balam tembaga de tous les districts des L Kota's et de Kajoe Tanam.

En outre, je crois pouvoir affirmer que dans beaucoup de localités on donne à la même espèce d'arbre le nom de njatoeh balam bringin, tandis qu'on l'appelle njatoeh balam soendai (soentaï, sandaï) à Pangkalan et njatoeh balam pipit à Soepayang.

Si nous admettons ces différences d'appellations d'une part, si de l'autre nous mettons hors de cause le caoutchouc et les espèces produisant la glu, nous aurons la liste suivante des producteurs de la gutta-percha :

1. Njatoeh balam tembaga.	(Soesoen, sirah, merah).
2. Njatoeh balam bringin	(Pipit, sandai, soendai).
3. Njatoeh balam doerian	District L Kota's.

4. Njatoeh balam doerian.	District Soepayang.
5. Njatoeh balam doerian	District Kajoe Tanam.
6. Njatoeh balam tembaga.	District Soepayang.
7. Njatoeh bindaloe (Pindaloe). . .	(Njatoeh balam pisang).
8. Njatoeh balam selindit	»
9. Njatoeh balam pipit.	»
10. Njatoeh balam.	District Poear datar.
11. Njatoeh balam.	District Pangkalan (Gloegoer).
12. Njatoeh balam.	*Id.*
13. Njatoeh balam laboeai	»
14. Njatoeh balam ampaloe.	»

De ces quatorze espèces de producteurs de la gutta-percha rencontrées sur les plateaux supérieurs de Padang, les deux premières méritent, au point de vue technique, une mention spéciale et une discussion étendue. Quant aux autres qui ne donnent qu'un produit de qualité inférieure, nous nous contenterons de les mentionner sans nous y arrêter. Toutefois, comme espèces inconnues, elles sont importantes au point de vue botanique, et je me propose de les étudier amplement dans une des prochaines livraisons des *Annales du jardin botaniqne de Buitenzorg*.

Njatoeh Balam Tembaga

C'est certainement de tous les njatoeh balam rencontrés sur les plateaux supérieurs de Padang, celui qui donne le meilleur suc. Cet arbre est peu connu des botanistes, et nul d'entre eux n'en a jamais observé les fleurs, les fruits ou les graines. Il est hors de doute que c'est la même plante que le professeur de Vriese a regardé comme une variété de l'*Isonandra gutta Hook.*, mentionné plus haut. Le jeune plant, confié aux recherches du professeur de Vriese, provenait de Bornéo, et fut cultivé dans le jardin académique de Leyde. Bien qu'il n'en connût ni la fleur, ni

le fruit, ce professeur lui trouva des propriétés analogues à celles du producteur de Singapore; mais comme il y avait une différence dans la forme de la feuille (et la feuille était le seul élément qui pût servir à la détermination scientifique), il l'envoya au directeur des jardins royaux de Kew pour que son identité y fût constatée.

Sir William Hooker déclara que le végétal en question appartenait réellement au producteur de la vraie gutta-percha et *que la feuille seule s'écartait pour la forme* des spécimens de Singapore. Ce jugement donna lieu au professeur de Vriese de décrire le plant du jardin de Leyde comme étant une variété de l'*Isonandra gutta Hook.*, variété *oblongifolia de Vriese* (*).

Beauvisage, dans sa *Contribution à l'étude des origines botaniques de la gutta-percha*, a déjà signalé l'impossibilité d'admettre qu'un végétal inconnu est une variété d'un autre, lorsque les spécimens soumis aux recherches sont aussi incomplets : d'après sa conviction, le plant du Jardin académique de Leyde ne pouvait être une variété de l'espèce de Singapore. Toutefois comme Beauvisage n'était pas en possession des fleurs, des fruits et des graines de cet arbre, il lui était impossible de voir ses doutes confirmés.

Nous partageons l'opinion de Beauvisage et nous ajouterons que rien ne prouve que le professeur de Vriese ou Sir William Hooker aient su si ce plant produisait réellement la gutta-percha. En effet de Vriese ne mentionne nulle part qu'il en ait vu le produit;

(*) W. H. DE WRIESE. *De Getah pertja boomen van Nederlandsch oost Indiën. eene populaire en wetenschappelijke beschouwing.* Tuinbouwflora, III, 1856, p. 225-226. — *De handel in getah pertjah door den oorsprong dezer stof toegelicht.* Leiden. Sythoff, 1856.

l'exemplaire du jardin de Leyde était trop jeune pour produire une quantité suffisante de suc laiteux et n'a certainement pas été exploité dans ce but; en outre le directeur des jardins de Kew assurait au professeur de Vriese que toute la gutta-percha employée dans les fabriques provient de l'arbre décrit et dessiné dans le *Journal of Botany*.

Lorsque Teysmann, dans ses voyages d'exploration à la côte occidentale de Sumatra, eut découvert ce producteur sous le nom de *njatoeh balam tembaga*, il en envoya un spécimen au professeur Miquel pour que celui-ci pût le déterminer; Miquel le nomma *Isonandra gutta* variété *B. Sumatrana* Miq. sans que rien justifiât ce changement de nom.

La branche en feuilles que de Vriese a représentée dans sa flore d'horticulture (*Tuinbouwflora*) (*) est à tous égards semblable à celle de l'arbre cultivé dans le Jardin botanique de Buitenzorg. Toutefois ce dernier est encore trop jeune pour produire des fleurs et des fruits.

Dans mes recherches à l'herbier j'avais déjà constaté que le même végétal se rencontrait en bien des localités à Sumatra et à Bornéo, mais les spécimens incomplets m'avaient empêché de le déterminer avec précision; en outre, le manque du produit rendait indécise la question de savoir si cet arbre, désigné tantôt sous le nom de *njatoeh balam tembaga*, tantôt sous ceux de *njatoeh balam*, de *njatoeh doerian*, était effectivement le producteur d'une gutta-percha de bonne qualité.

(*) Les autres figures de la même planche n'ont aucun rapport avec ce végétal, mais ont été prises au *Hooker's journal of Botany*, Pl. XVI, où se trouve représenté le vrai Isonandra gutta.

La question fit un grand pas lorsque le Jardin botanique se trouva en possession des collections recueillies par les fonctionnaires du gouvernement à la côte occidentale de Sumatra ; nous retrouvions la même plante dans la plupart des collections, portant, il est vrai, différents noms indigènes, mais facilement reconnaissable; dès lors on pouvait porter un jugement préalable sur la qualité du produit.

Cependant il restait à décider si ce producteur devait être considéré comme une variété de l'espèce connue, rencontrée à Sumatra et à Bornéo, ou bien comme une nouvelle espèce du même genre. Si ce produit se trouvait être réellement de bonne qualité, il était de la plus haute importance d'apprendre à connaître le producteur, et de s'en procurer des graines ou des plants.

J'ai réussi à les rencontrer dans les localités les plus diverses des plateaux supérieurs de Padang. Un examen exact fait à toutes les périodes du développement, depuis le germe jusqu'à l'état adulte, m'a mis en état d'en faire une description complète. Ces recherches sont d'autant plus importantes qu'elles ont prouvé que l'arbre en question donnait le meilleur produit parmi tous les arbres à gutta-percha trouvés dans les régions supérieures de Padang, et que cette gutta-percha se trouvait la meilleure de toutes les sortes livrées au commerce et à l'industrie.

En inspectant les fleurs que j'avais réussi à me procurer, et en établissant, pour la détermination scientifique, une comparaison de leurs principaux organes avec ceux de l'arbre de Singapore, il me parut que ce n'était pas en effet une variété du *Dichopsis gutta* (*Isonandra gutta Hook.*), mais une tout autre espèce

jusqu'ici inconnue appartenant au même genre. Plus familiarisé dès lors avec les différences de formes dans les feuilles, différences notables selon que les feuilles sont prises sur un jeune arbre ou du milieu de la cime d'un adulte, je me suis livré à de nouvelles recherches sur les exemplaires de notre herbier, et j'ai reconnu que plusieurs d'entre eux, considérés auparavant par moi comme appartenant à des espèces différentes, à cause de la dissemblance des feuilles, appartiennent en effet à la même espèce. Voici une liste des diverses localités où la plante a été trouvée et les noms que les indigènes lui ont donnés :

Njatoeh balam tembaga	Ampaloo (Halaban), — Kajoe tanam, — Gloegoer, — Tandjoeng balik, — Kapoer nan IX, — Poear datar, — Priaman (*Herbarium Steinmetz* 1852), — Loeboek-alei (Teysmann), — Moearah laboeh.
Njatoeh balam sirah.	Tandjoeng balik.
Njatoeh balam merah.	Tandjoeng balik.
Njatoeh balam soesoen.	Ampaloo (Halaban), — Loeboeq kilangan (?).
Njatoeh balam pisang.	District Painan, sous-district Balei selassi.
Njatoeh balam doerian.	Herbier n° 14600 (Bornéo), 14608 (Bornéo).
Njatoeh balam abang.	Palembang.

Une plante sans nom indigène apportée de Riouw par Teysmann.

Il convient encore d'ajouter à cette liste, selon Beauvisage, le producteur appelé *gueutta taban merah*, apporté de Malacca par M. Brau de Saint-Pol Lias.

Je propose de donner à la plante le nom de *Dichopsis oblongifolia*; la description suivante mettra en lumière ses caractères spécifiques.

Dichopsis oblongifolia (Isonandra gutta, variété

oblongifolia *de Vriese*, *Tuinbouw-Flora*, 1856, vol. III; Isonandra gutta, variété B. sumatrana Miq., *Flora Ned. Ind.*, vol. III, p. 1058).

Feuilles à longs pétioles, oblongues, coriaces, se terminant en une longue pointe aiguë, luisantes et d'une couleur dorée sur la face inférieure, parallélinerviées à plus de 20 fines nervures. Fleurs aux aisselles des feuilles en cymes dichotomiques comprenant chacune 6 fleurs, pédoncules courts, étamines au nombre de 12, filets tous de la même longueur. (Se distingue de l'Isonandra gutta par la forme des feuilles et par les dimensions et la forme des fleurs.)

Description.

Arbre à suc laiteux, variant entre 60 et 70 pieds de hauteur; les plus jeunes rameaux sont ronds et couverts de petits poils fins. Feuilles alternes, coriaces, oblongues, entières, se terminant en une longue pointe aiguë, se rétrécissant vers la base en un long pétiole, penni-nerviées à plus de 20 nervures parallèles horizontales; nervures fines, peu proéminentes. Les feuilles des jeunes arbres et celles des branches inférieures des troncs plus âgés sont considérablement plus grandes, longues jusqu'à $0^{m},22$ et larges de $0^{m},075$, à forme régulièrement oblongue, se rétrécissant petit à petit, tant vers le sommet que vers la base, et se terminant à l'extrémité en une pointe plus longue; les feuilles d'arbres plus âgés se rétrécissant plus rapidement vers la base, à partir du milieu; chez toutes ces feuilles, la face supérieure est verte et la face inférieure est munie de petits poils courts et fins formant un duvet doré persistant. Fleurs pédonculées aux aisselles des feuilles

en cymes dichotomiques comprenant chacune six fleurs. Ces pédoncules sont très courts; calice cupuliforme; pédoncule se rattachant au calice par un élargissement subit. Le calice est profondément divisé en 6 parties, trois divisions externes, triangulaires, obtuses, pubescentes, d'un brun rougeâtre, et trois divisions internes plus petites, alternes avec les précédents. Corolle étoilée, à tube plus long que le calice, limbe à six divisions ovales, obtuses, horizontales, blanches. Étamines au nombre de 12, insérées sur le tube de la corolle, filets tous de la même longueur, filiformes, plus courts que les divisions de la corolle; anthères ovoïdes, atténuées vers le haut; ovaire à six loges, chaque loge renferme un ovule; style plus long que les étamines et les divisions de la corolle, filiforme, s'élevant au-dessus de la corolle avant l'épanouissement de la fleur; stigmate obtus. Fruit garni du calice persistant.

CONDITIONS POUR LA CROISSANCE ET LA MÉTHODE DE MULTIPLICATION DE L'ARBRE.

Le njatoeh balam tembaga se rencontre en assez grand nombre et à diverses altitudes dans les plateaux de Padang. On le trouve dans les forêts vierges toujours humides où le sol est riche en humus et sur des terrains en pente. Les arbres à gutta-percha se rencontrent rarement en nombre dans un voisinage immédiat; la plupart sont à de grandes distances l'un de l'autre et disséminés parmi d'autres arbres de la forêt. Les exemplaires adultes sont devenus très rares. Dans les bois d'Andoering, district Kajoe Tanam, d'Ampaloo dans les Laras Halaban, de Poear datar, de Laras Kapoer nan Sambilan, près de Kota Toea et de Loeboeq alei, ainsi

qu'en Pangkalan, où l'on trouve partout le njatoeh balam tembaga, j'ai cherché en vain un pied assez âgé pour porter des fleurs et des fruits. On voyait de tous côtés d'énormes troncs abattus, et l'on m'a certifié que dans les laras Sidjoengjoeng, où la population indigène se livre à l'exploitation de la gutta-percha, on ne trouverait plus un seul arbre adulte.

Ce n'est que dans les bois étendus, situés entre Sialang et Gloegoer, et dans cette partie peu peuplée des plateaux supérieurs de Padang, soumise récemment à l'autorité néerlandaise, que j'ai réussi, après six journées d'exploration, à rencontrer un unique exemplaire adulte en pleine floraison dont j'ai pu recueillir les fleurs et les boutons.

Tout en voyant ainsi d'une part mes efforts couronnés de succès, je dus renoncer à l'espoir de recueillir une quantité suffisante de graines mûres, puisqu'il fallait attendre encore cinq ou six mois pour s'en procurer. Lorsque ma certitude fut établie à cet égard, je fis rassembler le plus grand nombre possible de jeunes plants pour les faire transporter à Buitenzorg dans des caisses dites de Ward. Un grand nombre, par suite de la transplantation et du transport, ont succombé en route; c'est à peine s'il en restait soixante-quinze en vie à mon arrivée à Buitenzorg.

M. de Waal, contrôleur du district, qui, dans mes explorations à Gloegoer, m'a prêté un concours aussi utile qu'actif, m'a promis de me faire parvenir un grand nombre de graines à l'époque de la maturité des fruits. L'année précédente, on avait essayé au Jardin botanique de multiplier par bouture les producteurs de gutta-percha : ces essais n'avaient abouti qu'à des résultats négatifs. Je crus toutefois qu'il me fallait re-

nouveler ces tentatives sur le njatoeh dans la localité même et dans des conditions les plus naturelles : toutes mes boutures ont péri jusqu'à trois fois. Il ne fallait pas songer, en voyage, à essayer ce genre de marcottes, connu sous le nom indigène de *tjangkokkans*, pour multiplier les sujets. Ce procédé est maintenant appliqué au Jardin botanique, et dans quelques semaines on pourra en publier les résultats.

Les 75 jeunes plantes transplantées au jardin de Tjikeumeuh peuvent devenir le commencement d'une plantation considérable, qui s'augmentera encore après réception des graines attendues de Gloegoer. Outre ces plantes et graines provenant des plateaux supérieurs de Padang, il existe encore une autre localité, dont on peut attendre bientôt une abondance de graines mûres. Déjà, d'après une communication de l'assistant résident de Poerwokerto, le hameau Bloran, ressortant de la dessa Tipar, district Djamboe, possède une plantation de 77 arbres, reste de 400 pieds qui furent plantés le 21 août 1856. D'après les communications dues à l'obligeance de l'assistant résident Kist et de M. Niclou, jadis commandant du poste maintenant abandonné de Zorg, il paraît que ces pieds faisaient partie d'une collection de plantes du même M. Niclou ; ils avaient été apportés de la côte occidentale de Bornéo, le 3 mars 1856, par les soins du lieutenant-colonel Andriessen. Teysmann avait annoncé que ces plants de njatoeh, au nombre de 2,000, étaient arrivés sains et saufs au jardin de Buitenzorg et que, sur sa proposition, on en avait envoyé des exemplaires aux résidents de Bantam et des Préanger pour y être plantés dans des terrains convenables. De ces 2,000 plants, 400 furent expédiés au contrôleur de Poerwokerto, et 77 ont survécu, ayant l'air bien ché-

tifs, selon le dire de M. Kist. Quant aux 1,600 autres plants, je n'ai pu apprendre ce qu'ils sont devenus.

Les feuilles que je reçus de Poerwokerto me démontrèrent bientôt que ce njatoeh de Bornéo était très probablement la même plante que le professeur de Vriese avait décrite comme étant l'*Isonandra gutta*, variété *oblongifolia*. Après mon retour de Sumatra j'ai pu comparer les fleurs conservées dans l'esprit-de-vin que nous avait envoyées M. Kist avec celles que j'avais apportées de Gloegoer, et j'eus le plaisir de constater leur identité. Les arbres de Bloran, âgés maintenant de vingt-huit ans, ont déjà donné des graines; ils en donneront encore en assez grande quantité pour une plantation en grand sur un terrain apte à leur développement.

PRODUIT.

La gutta-percha fournie par le *Dichopsis oblongifolia* est excellente sous le rapport de l'homogénéité et de la solidité. Débarrassée des parcelles d'écorce et de bois, elle devient très élastique et peut se plier facilement sans se rompre. Plongée dans l'eau chaude, elle se pétrit, prend toutes les formes sans devenir gluante, et reprend, en se refroidissant, sa solidité ordinaire. Sa couleur va du rouge au rouge brun foncé. Comme dans toutes les sortes de gutta-percha, le suc est d'un blanc laiteux, la couleur brune est due au mélange des parties corticales et ligneuses qui, par la cuisson et l'épuration de la gutta-percha, communiquent leur matière tinctoriale au suc laiteux figé.

Après l'avoir, autant que possible, débarrassée de ses parties ligneuses, les maisons de commerce de

Padang la livrent à l'exportation au prix de 120 à 140 florins le picul de 62 kilogrammes et demi.

Je crois pouvoir avancer que cette gutta-percha est la même que celle qui se trouve dans le commerce sous les noms de *gutta-merah*, *gutta-taban*, *gutta-taban-merah*, *gutta-taban-puteh*, etc. Il est vrai qu'on a cru devoir donner ces noms au produit du *Dichopsis gutta Benth.* (*) ; je crois pourtant pouvoir démontrer que c'est à tort et que d'ordinaire le produit livré au commerce est celui du producteur qui fait le sujet de ce rapport. Après une exploration exacte des localités où croît le *Dichopsis gutta Benth.*, je n'ai pu être convaincu qu'il y ait, outre Singapore, un seul endroit au monde qui produise cette espèce d'arbre.

Comme nous l'avons dit plus haut, dès le temps de sa découverte en 1847, tous les grands arbres furent abattus; dix ans après, le dernier arbre producteur avait disparu. Il est donc pour nous d'une haute importance (on le verra plus loin, quand nous parlerons de la valeur commerciale de la gutta-percha) de savoir de quel végétal provient la gutta de première qualité, et ce point capital exige que j'entre là-dessus dans quelques détails.

La plupart des rapports et des communications sur ce sujet mentionnent que l'arbre à gutta-percha, *Dichopsis gutta Benth.*, se trouve non seulement à Singapore, mais à Sumatra, à Bornéo, à Malacca, à Banka, et peut-être aussi dans plusieurs autres îles de l'Archipel indien. Avant toute discussion, je me per-

(*) *Dichopsis gutta.* — There can be no doubt from the examination of copious specimens that this is the source of the principal kind of gutta-percha of commerce... (*Report on the progress and condition of the Royal Gardens at Kew during the year* 1881. London, 1882.)

mettrai de répéter ce que j'ai dit précédemment, que le *Dichopsis gutta* manque absolument dans notre herbier, bien que nous y ayons un grand nombre de végétaux, produisant de la gutta-percha, provenant de toutes les parties de nos possessions des Indes-Orientales, recueillis surtout par Teysmann dans ses importants voyages, en partie aussi envoyés par les fonctionnaires.

Si cette assertion peut déjà démontrer que le végétal en question n'est point partout répandu, elle a encore plus de valeur en ce qui concerne Sumatra, par le fait qu'on ne le trouve pas dans cette longue série des végétaux producteurs de la gutta-percha que j'ai recueillis moi-même sur la côte occidentale de l'île. L'opinion que cet arbre se trouverait à Sumatra n'a, selon moi, d'autre base qu'une communication faite par le professeur Miquel, qui pensait avoir découvert parmi les spécimens recueillis par Teysmann à Sumatra, aussi bien l'espèce véritable que la variété *B. Sumatrana*. Nous possédons dans l'herbier de Buitenzorg les exemplaires authentiques de ces deux plantes, et l'inspection m'en a démontré que celle trouvée par Teysmann près de Loeboe along, laquelle prouverait la présence du *Dichopsis gutta* à Sumatra, est tout à fait semblable à la plante que j'ai décrite plus haut sous le nom de *Dichopsis oblongifolia*. Le professeur Miquel doit s'être trompé dans la détermination de cette plante.

Quant à Bornéo, il ne me sera pas difficile de prouver que le végétal en question n'y a réellement pas encore été rencontré. Bien que Montgomery prétende qu'il existe à la côte méridionale, et que sir James Brooke affirme qu'on le trouve partout dans les forêts de Sarawak, ces assertions, comme je l'ai dit au com-

mencement, reposent sur de très faibles fondements.

On a aussi revendiqué l'opinion de James Motley, mais celui-ci a pertinemment avoué qu'il n'a pas vu de spécimens de Bornéo, si ce n'est une seule feuille provenant de Sampit, que sir William Hooker assurait appartenir à l'espèce décrite par lui.

Le professeur de Vriese également qui, durant son séjour en Angleterre au mois d'août 1857, a vu cette feuille, l'a attribuée à la vraie *Isonandra gutta*. Toutefois, comme il a été dit plus haut, les deux savants se sont trompés en déterminant la plante du Jardin de Leyde d'après une seule feuille de Bornéo, et, à mon avis, ils n'ont pas été plus heureux dans leur désignation de l'origine botanique de la feuille de Sampit.

Leurs arguments sont tout aussi faibles que les assertions de sir James Brooke et de Montgomery.

Voici ce que dit le dernier *Report on the progress and condition of the Royal gardens at Kew* à propos du rapport de M. Treacher, concernant les sortes de gutta-perchas de Bornéo. Après avoir dit que la constatation de l'identité botanique de l'arbre fut impossible, vu l'absence de spécimens authentiques, l'auteur ajoute : « *Gutta Elong is very probably yielded by Dichopsis gutta of which the Kew Herbarium possesses characteristic specimens (foliage only) from North-West Borneo, collected by M. Burbidge, and from South-East Borneo, collected by M. Carl Bock.* »

De tout ce qui précède on peut conclure que de ces prétendus *Dichopsis gutta* de Bornéo, personne n'a vu tout au plus qu'une ou deux feuilles, et comme en botanique il est d'une impossibilité absolue de conclure à l'espèce en se basant sur la forme d'une feuille (et encore cette forme n'était-elle pas identique), rien ne

peut justifier l'opinion que la plante en question se trouve réellement à Bornéo. Il y a d'autres arguments plus forts pour démontrer que l'arbre de Bornéo, que l'on a regardé comme l'*Isonandra gutta*, n'est autre chose que le *Dichopsis* décrit précédemment.

D'abord, suivant Teysmann, le producteur de Bornéo (à Soekadana, côte sud-ouest) porterait le nom de Getah doerian, mais l'inspection des plantes de Bornéo, existant à l'herbier de Buitenzorg sous les numéros 14600 ou 14608, a prouvé que tous deux appartiennent au *Dichopsis oblongifolia*. En outre (et ce sera peut-être suffisant pour lever tous les doutes relatifs à l'espèce), Thomas Lobb et le docteur Oxley, les seuls qui aient observé les vrais producteurs de Singapore, ont publié dans leurs rapports qu'ils ne les ont trouvés que dans les terrains d'alluvion au pied des collines où l'humidité est persistante; d'après Oxley, les localités où ces arbres se rencontreraient à Bornéo diffèrent absolument des localités où on la rencontrait à Singapore et à Malacca.

C'est sur des montagnes de médiocre altitude ou des collines moins élevées, exemptes d'inondations, que l'on trouve les plus beaux arbres; en outre, on a remarqué qu'ils croissent d'autant mieux que leur situation les expose moins à l'influence de l'eau stagnante.

Ce terrain qu'on vient de décrire est précisément le même où se développe le *Dichopsis oblongifolia* dans les plateaux de Padang. Ce végétal est si sensible à l'influence d'une bonne station qu'il suffit d'un mauvais choix de terrain pour le faire périr; c'est ce qu'on a vu dans les plantations de Bornéo, placées sous l'inspection coloniale ou confiées à des particuliers. On peut

aussi douter que le *Dichopsis gutta* fasse partie de la flore de Malacca. La plante apportée par M. Brau de Saint-Pol-Lias, sous le nom indigène *gueutta taban merah*, et soumise à l'examen de M. Beauvisage, n'était pas le *Dichopsis gutta*, mais le *Dichopsis oblongifolia*, ainsi que je l'ai dit plus haut.

Le *Kew report*, que nous avons cité plusieurs fois, fait mention aussi de l'opinion de M. Pierre, directeur du Jardin botanique de Saïgon, qui fait autorité en matière de gutta-percha. Ce savant doute de l'espèce trouvée à Malacca. Il résulte, en outre, du même rapport que ce *gueutta taban merah* n'habite pas les mêmes stations que le *Dichopsis gutta* de Singapore.

Disons un mot maintenant des îles de Banka et de Riouw, rangées abusivement parmi celles où l'on trouverait la gutta. Dans notre collection de l'herbier, où l'on trouve pour ce qui concerne Banka des produits et des spécimens de plusieurs arbres à gutta, dus à l'obligeance du résident Ecoma Verstege, il n'y a ni *Dichopsis gutta*, ni *Dichopsis oblongifolia*. Si ces producteurs, qui fournissent un produit excellent, se trouvaient à Banka, nous en posséderions dans notre riche et abondante collection. La supposition de l'existence de cet arbre à Banka repose, si j'ai bien compris, sur une communication faite par Teysmann et Binnendyk dans le *Tijdschrift van de Natuurkundige Vereeniging*, Batavia 1853, d'après laquelle ladite société aurait reçu quelques plantes à gutta-percha provenant des diverses parties de l'archipel. Dans cette liste, les auteurs citent deux sortes venant de Banka, l'une portant le nom de *dadauw* deuxième sorte, l'autre de *dadauw* première sorte ou *saroja*, que Teysmann et Binnendyk ne rangèrent qu'avec la plus grande réserve

sous l'*Isonandra gutta.* Ils ajoutent n'avoir vu de la première sorte, ni spécimen, ni gutta, et que de toute la collection le Balam tandoek seul (*Azaola Leerii* T. B.) provenant de Palembang pouvait être déterminé avec certitude.

Les spécimens de notre herbier et les arbres de Banka cultivés dans le jardin botanique sous le nom de *dadauw* appartiennent à une tout autre espèce jusqu'ici inconnue du genre Dichopsis, et j'espère sous peu en faire la description dans les *Annales du jardin botanique.*

Quant à Riouw, enfin, notre herbier ne possède de cette provenance qu'un spécimen desséché sans désignation indigène, lequel est sans doute le *Dichopsis oblongifolia.*

D'après Teysmann, il porterait à Lingga et à Bintang le nom de getah taban. Je crois donc avoir suffisamment démontré que l'on n'a trouvé nulle part le *Dichopsis gutta*, si ce n'est à Singapore où, à l'heure présente, l'arbre ne se trouve plus, et j'ai, par conséquent, le droit de protester contre l'opinion générale admettant que la gutta-percha du commerce est en grande partie le produit du *Dichopsis gutta.* J'ose prétendre le contraire et soutenir que le produit de cette espèce n'existe plus dans le commerce.

Le Jardin botanique de Buitenzorg est heureusement en possession de deux exemplaires de l'arbre trouvé à Singapore, dont je parlerai tout à l'heure. Pour le moment, je me borne à dire que leur produit ne le cède nullement en homogénéité et en solidité à celui du *Dichopsis oblongifolia :* les deux sortes de gutta me semblent posséder une valeur égale et identique.

Njatoeh Balam Bringin.

Parmi les espèces d'arbres à gutta-percha des plateaux supérieurs de Padang, celle qui porte le nom de *njatoeh balam bringin* occupe le second rang quant à la qualité de son produit. Sa gutta est très recherchée dans le commerce, bien qu'elle ne soit pas aussi bonne que celle du *Dichopsis oblongifolia.*

Après avoir comparé les spécimens récoltés par moi avec ceux de notre herbier, j'ai reconnu que la même espèce se trouve dans d'autres parties de Sumatra et qu'elle est commune à Banka. En outre, un exemplaire desséché de notre herbier démontre qu'elle habite aussi Amboine. Enfin, il résulte des investigations de M. Beauvisage qu'elle a été découverte par M. Brau de Saint-Pol-Lias dans la presqu'île de Malacca. Voici les différentes localités où elle se développe, ainsi que les noms que lui ont donnés les indigènes.

Njatoeh balam bringin	Ampaloo (Halaban). — Kajoe tanam. — Goegoe (Ressort de Kajoe tanam). — Poear datar. — Moeara laboeh.
Njatoeh balam soendai	Tandjoeng balik. — Pangkalan.
Njatoeh balam pipit	Ajer boesoeq (Soepayang).
Balam tandjong	Palembang (herbier, n° 3911).
Balam tjabee	Palembang (herbier, n° 3912).
Balam tandoek (*)	Palembang.
Balam boenga tandjoeng	Herbier de l'assistant résident de Painan.
Koelan	Banka (herbier du résident Ecoma Verstege et Teysmann).
Gueutta seundek	Malacca (**).

On le trouverait aussi à Riouw sous le nom de *balam*

(*) TEYSMANN et BINNENDYCK, *Nat. Tijdchr voor Ned. Ind.* VI, p. 116.
(**) BEAUVISAGE, *l. c.*, p. 62, 63.

soentai (*); seulement n'ayant pas dans notre herbier de spécimens provenant de cette localité, il reste des doutes à ce sujet.

D'après une communication de feu l'officier de santé van Leer (**) on le trouverait encore à Palembang sous les noms de *Balam troeng* et *Balam sontei*. Toutefois cette communication laisse à désirer sous le rapport de la clarté et d'ailleurs notre herbier ne possède pas d'exemplaire de cette provenance.

Ce producteur se trouve donc à Sumatra, à Banka, à Malacca, et peut-être aussi à Riouw. Ce nom général de njatoeh balam bringin, il le doit à la ressemblance de sa feuille avec celle du waringin ou baringin (*urostigma benjaminum Miq.*). Parmi les arbres à gutta-percha de Bornéo que M. Schlimmer a cités dans le numéro d'avril du journal périodique publié par la Société néerlandaise pour les progrès de l'industrie, on lit le nom de *njatoeh waringin*. On le rencontre généralement plusieurs fois dans la liste des échantillons provenant de Bornéo que M. ten Brummeler a envoyés à l'exposition internationale coloniale d'Amsterdam.

Toutefois l'expérience nous ayant appris que l'indigène donne souvent le même nom à des producteurs différents (comme par exemple le njatoeh balam doerian et le tembaga), la prudence nous prescrit de nous abstenir de placer ce végétal parmi la flore de Bornéo, vu le manque de spécimens dans notre herbier.

En dépit de la diversité des noms indigènes, tous

(*) BEAUVISAGE, *l. c.*, p. 49.
(**) *Nat. Tijdschr. voor Ned. Ind.* VI, p. 107.

doivent être rangés sous l'espèce décrite par Teysmann et Binnendyk (*) sous le nom de *Azaola Leerii* (balam tandoek) d'après les communications qui leur furent faites par M. van Leer et dont Hasskarl (**) plus tard a fait une description étendue sous le nom de *Keratophorus Leerii*, nom changé depuis en celui de *Payena Leerii*. Les propriétés du produit sont peu connues et Teyssmann et Binnendyk affirment n'avoir pas vu de gutta. Je crois cependant que cette gutta mérite une attention toute particulière : je me suis adressé aux maisons de commerce de Padang pour quelques éclaircissements et elles m'ont affirmé qu'elle s'exportait pour un bon prix, quoique inférieur à celui de l'espèce précédente.

Il ne sera pas inutile de donner ici la description faite en latin par Hasskarl.

KERATOPHORUS LEERII. (*Hassk*).

Synon. — *Azaola Leerii T et B* (*Nat. Tydschr Ned. Ind.* VI, 106).

Diagn. Foliis ovalibus ovali-oblongis, basi acutis, apice subitò in acumen breve attenuatis, corymbis terminalibus, pedicellis fasciculatis, germine 10-12 loculari.

Habit. Sumatræ provinciam Palembang, Sumatra, Banka, Malacca, Riouw (?).

DESCRIPTIO.

Arbor alta, succo lacteo, dein indurato, elastico, getah-pertjah appellato, fœto. — Rami *teretes, tenues, albido-cinerascentes, ad insertiones petiolorum paulo*

(*) *Nat. Tijdschr. voor Ned. Ind.* VI, p. 116.
(**) J. Hasskarl, *Retzia*, p. 101.

incrassati; dichotomè ramulosi — Ramuli. *cum gemmâ terminali et foliis nondum evolutis minutè adpressèque ferrugineo-pilosi.* — Stipulæ *nullæ.* — Petioli *breves, erecti, teretiusculi, suprà sulcati,* 2-6 *lin. longi, flexuosi, primo pariter adpressè pilosuli dein glabri.* — Folia *alterna ovalia aut ovali-oblonga, basi acuta, apice subito in acumen breve sed acutum* 3-6 *lin. longum, attenuata,* 2-3 *poll. longa,* 12-20 *lin. lata, nunc tenuiter coriacea, integerrima, margine subundulata, siccando utrinque æquabiliter fusca aut subcinerascentia, nervo medio utrinque plano paulò prominulo, secundariis pinnatis copiosis, suboppositis, subtùs nec valdè prominulis, suprà vix conspiscuis, immersis, rectis, patentibus, ad marginem ferè percurrentibus ibique dichotomis et arcuatim cum vicinis anastomosantibus; nervis intermediis incompletis, pluribus mox ramosis, venis vix conspicuis, omnibus nervis parallelis et maculas angustas, foliis transversas, oblongas, rectangulares aut sæpè sub angulo acuto fractas formantibus.*

Inflorescentia *corymbosa, ad apicem ramulorum brevium axilarium qui lapsis foliis paniculatim sunt dispositi ita ut paniculam corymbosam repræsentent.* — Pedicelli 4-5 *ni fasciculati, erecti,* 5 *lin. longi, tenues teretiusculi apice cernui uti pedunculi minuti et adpressè ferrugineo pilosuli.* — Flores *albi* 2 1/2. 3 *lin. alti.* — Calyx *imbricativus, quadripartitus.* 2 *seriatus.* — Laciniæ exteriores *paulò breviores sed latiores, subrotundo-ovatæ, extùs minutè adpressèque ferrugineo pilosæ, corriaceæ, intùs glabræ.* — Interiores. *binæ paulò longiores, lati ovatæ, acutiusculæ excepto margine membranaceo et glabro, pariter extùs pilosulæ, rubenti fuscæ,* 1 1/2 *lin. longæ, basi* 1 *lin. latæ.* — Corolla, *calycis ferè longitudine, campanulata,*

dein decidua, *profundè* 8 *partita* (*aut potius* 8 *et gamopetala*). — Laciniæ *imâ basi tantum cohærentes*, *oblongo lanceolatæ*, *acutæ*, *æquales*, *margine tenuiori erectæ*, (*sub anthesi patentes*) 1 *lin*, *longæ*, 1/2 *lin. latæ*. — Stamina *imâ basi corollæ inserta* 16, *laciniis corollinis dimidio breviora*, *interiora minora*. — Filamenta *subnulla*. — Antheræ *erectæ*, *lineari lanceolatæ*, *acuminatæ* , *basi sub emarginatæ*, *extrorsæ*, *biloculares*, *connectivum latiusculum introrsùm conspicuum*, *extrorsùm loculis binis obtectum sed longè supra loculos productum et minutè adpressè que ferrugineo pilosulum*, *e pilis inarticulatis*, *complanatis*, *acutis*, *integerrimis*, *subflexuosis*, *summo apice ferè minutè penicillatum*. — Loculi *lineares basi crassiusculi*, *apicem versus attenuati*, *dorso connectivi inserti*, *longitudinaliter dehiscentes*. — Pollen *minutum*, *albidum*, *ellipsoideum*, *medio longitudinaliter plicatum*. — Germen *minutum*, *liberum*, *conicum*, *densè pilis jam laudatis obtectum*, 10-12 *loculatum*. — Gemmulæ *in loculis solitariæ*, *adscendentes*. — Stylus *elongatus*, *teres*, *siccando multisulcatus*, 4 *lin. longus*, *exsertus*, *acutus*, *post anthesin persistens*, *à laciniis calycis dein conniventibus et sese involventibus arctè inclusus*. — Stigma *terminale punntiforme*. — Fructus *drupacei obovato-oblongi*, *subconici*, *medio leviter curvati*, *uniloculares*, *monospermi*, 20 *lin. longi*, *basi* 7-8 *lin. crassi*, *styli rudimento apiculati læves glaberrimi*, *flavescenti-viride* (*? in spiritu conservati fusci*). — Pericarpium 2 *lin. crassum*, *carnosum*. — Semen *erectum*, *tereti oblongum*, *subcurvatum*, 1, 1 1/4 *poll. longum*, 4 *lin. crassum*. — Umbilicus *lateralis*, *linearis*, *ad apicem percurrens*. — Testa (*crustacea?*) *coriacea*, *fragilis*, *crassiuscula ;* — Albumen *copiosum albidum*, *corneum*, *bipartibile*, *internè planum*, *externè convexum*. —

Embryum *ab albumine inclusum*, *ejusdem cum eo longitudinis.* — Cotyledones *carnosæ*, *applicativæ*, *oblongæ*, *obtusæ*, 11-12 *lin. longæ*, 4 *lin. basi latæ.* — Radicula *teres*, 2 *lin. longa*, 1/2 *lin. crassa*, *in inferiore seminis parte hilum versus spectans.* — Gemmula *haud conspicua.*

PRODUIT.

La gutta Balam bringin, Balam pipit, koelan, quel que soit le nom qu'on lui donne, est d'une bonne qualité, du moins pour autant que je puis en juger. Comme j'ignore ce que l'industrie européenne exige de la gutta-percha, mon jugement ne porte que sur le plus ou moins de ressemblance dans ses qualités avec celle qui passe pour la meilleure et une comparaison de ce produit avec ce que le commerce emploie.

La base de mon jugement ainsi établie, je regarde la gutta Balam bringin comme étant la seconde par la qualité, l'emportant sur toutes les autres sortes exploitées dans les régions supérieures de Padang. Cette gutta est très consistante, compacte; plongée dans l'eau chaude, elle se soumet à toutes les formes pour reprendre, en se refroidissant, sa solidité première, aussi bien que celle du *Dichopsis oblongifolia*. Seulement il lui manque cette homogénéité que possède cette dernière, et elle se convertit facilement en fibres et en filaments. Le suc laiteux est un liquide clair, il s'écoule facilement et rapidement, de sorte qu'il est possible de le recueillir en grande quantité dans un état pur sans mélange de parcelles d'écorce ou de bois. Par conséquent, il est plus blanc de couleur que l'espèce précédente et, lorsqu'il est soumis à l'ébullition et à l'épuration, ne se colore pas de la matière tincto-

riale contenue dans l'écorce ou le bois. Exposée à l'air, cette gutta subit bientôt un changement de couleur et devient plus ou moins jaune en passant par l'exploitation industrielle. Il est difficile d'en déterminer la valeur commerciale. Bien que provenant d'un même arbre, elle passe dans le commerce sous des noms divers et se vend à des prix très différents. A Padang, elle a une valeur moyenne de 80 florins le picul de 62 kilogrammes et demi. Je citerai en passant la valeur de l'échantillon gueutta seundek de Malacca envoyé à Beauvisage par Brau de Saint-Pol-Lias, qui se vendit à Paris 75 dollars le picul. Si l'on peut s'en rapporter au dire du docteur Dennys, de Singapore, elle aurait, dans le commerce, environ la même valeur que la gutta Taban. Je reviendrai plus tard sur ce sujet.

Quant au *Payena* (*Keratophorus*) *Leerii*, il n'a pas été aussi difficile de trouver des pieds adultes que pour le *Dichopsis oblongifolia*, non pas parce que les gros troncs de cette espèce ne sont pas abattus, mais parce que ces arbres paraissent atteindre plus vite l'état adulte. Je n'ai pu cependant, dans mes tournées, m'en procurer de graines mûres, car les arbres avaient justement cessé de fleurir, les fruits commençaient à se nouer et il fallait attendre trois ou quatre mois pour que les graines fussent arrivées à leur maturité.

Les contrôleurs de Kajoe Tanam et de Soepayang se sont déclarés prêts à surveiller les arbres en question et à en envoyer les graines au jardin de Buitenzorg. En outre, j'ai rapporté à Buitenzorg quelques jeunes plantules et nous pouvons compter sur quelques envois de Banka, de sorte que nous pourrons bientôt faire une plantation de ces arbres à gutta-percha, d'autant plus que le Jardin botanique possède déjà deux exemplaires développés portant des fruits. (*A suivre.*)

THÉORIE

DES

MACHINES MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUES (*)

IV. CLASSIFICATION DES MACHINES MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Nous avons à étudier sous ce nom toutes les machines dans lesquelles le déplacement périodique soit d'un circuit conducteur en présence d'aimants ou électro-aimants, soit des aimants ou électro-aimants en présence du circuit, détermine dans ce dernier la production de courants induits, que l'on peut utiliser extérieurement sous des formes diverses : chaleur, lumière, travail mécanique ou électrochimique, etc.

Le circuit induit s'appelle quelquefois l'*armature ;* il est constitué par plusieurs bobines de fil enroulé sur des noyaux de fer doux comme dans la machine de Clarke, ou par un solénoïde sans fin enroulé sur un anneau de fer doux comme dans la machine Gramme, ou par un tambour tel que celui de la machine von Hefner Alteneck à courants continus. L'emploi du noyau de fer doux est presque général ; mais il n'est pas essentiel, et dans certaines machines on l'a sup-

(*) Voir *Annales télégraphiques,* mai-juin 1885.

primé pour éviter les pertes d'énergie qui se produisent sous forme d'échauffement des noyaux.

Les électro-aimants inducteurs contiennent toujours des noyaux de fer doux. Comme ils sont fixes en général, l'armature seule étant mobile, et que le champ magnétique dans lequel ils se trouvent est à peu près invariable, l'échauffement de leurs noyaux n'est pas à craindre, et l'on donne à ceux-ci des masses souvent considérables de telle sorte qu'ils présentent une grande capacité magnétique. Le courant nécessaire pour *exciter* les électro-aimants est fourni quelquefois par une pile ou une source *em* quelconque constituant avec eux un circuit indépendant du circuit induit; mais le plus souvent ils sont intercalés dans le circuit général traversé par les courants induits.

Le déplacement de l'armature dans le champ magnétique des aimants ou électro-aimants inducteurs étant périodique, la force *em* induite varie suivant une loi périodique, et il en est de même des courants induits si aucune disposition spéciale n'est prise. C'est ce qui arrive, par exemple, dans la machine de Clarke, l'entrée et la sortie des bobines tournantes étant reliées respectivement à deux viroles métalliques entraînées dans la rotation et sur lesquelles s'appuient constamment deux frotteurs constituant les extrémités du circuit extérieur; on recueille ainsi des courants *alternatifs*. Au moyen d'un commutateur automatique, que nous n'avons pas besoin de décrire ici (voir les Traités), on peut renverser à chaque demi-révolution les communications entre les extrémités des bobines tournantes et celles du circuit extérieur, de telle sorte que dans ce dernier les courants soient *redressés*, c'est-à-dire toujours de même sens, quoique d'intensité

variable, il est vrai. Enfin on recueille des courants *continus*, c'est-à-dire d'intensité sensiblement constante, lorsque l'armature, au lieu de deux bobines seulement, en comprend un grand nombre (32, par exemple), disposées symétriquement autour de l'axe de rotation de telle sorte que la sortie de l'une quelconque d'entre elles et l'entrée de la suivante soient reliées à une même lame d'un collecteur, qui comprend par conséquent autant de lames métalliques isolées les unes des autres qu'il y a de bobines, et sur lequel s'appuient, en deux points diamétralement opposés, deux frotteurs ou balais auxquels aboutit le circuit extérieur.

L'inducteur (aimant ou électro-aimant), l'induit ou armature et le collecteur, tels sont les organes essentiels qui se retrouvent dans toute machine. Quant à leur forme, à leurs dimensions, au mode d'enroulement et aux autres détails de construction, ils peuvent varier à l'infini suivant le génie des inventeurs et la nature des problèmes industriels à résoudre. Donnons-en quelques exemples. Certaines machines, au lieu d'une paire de balais, en portent deux ou quatre. Dans d'autres, chaque bobine de l'armature est successivement mise hors du circuit automatiquement pendant la fraction de tour où la force *em* induite y est nulle, afin que le courant ne l'échauffe pas inutilement pendant ce temps-là (machine Brush). Dans d'autres encore, on a eu en vue la suppression de l'échauffement des noyaux de fer doux et des autres masses métalliques, que l'on a divisées à cet effet de manière à s'opposer à la création des courants parasites et à faciliter la circulation de l'air ; on a, dans ce but, varié beaucoup la forme des électro-aimants et de leurs pièces polaires.

D'autre part, la variété des besoins industriels a entraîné celle des divers types de machines à adopter dans chaque cas particulier. Ainsi les machines à aimants permanents offrent l'avantage de donner une force *em* induite fixe et sensiblement indépendante du courant qui traverse l'armature ; aussi sont-elles préférées pour l'éclairage électrique des phares, lequel exige une grande fixité de lumière. Par contre, les machines à électros sont bien plus puissantes, car un électro-aimant, à poids égal, est susceptible de s'aimanter beaucoup plus fortement qu'un aimant permanent; c'est pourquoi elles conviennent à la plupart des applications. On trouve d'ailleurs plus avantageux en général d'exciter les électros par le courant induit lui-même que par un courant indépendant.

La diversité des machines tient aussi au mode d'enroulement des spires sur les électros ou sur l'armature, au nombre des tours de fil et à leur résistance. Par exemple, si une dynamo est employée à charger des accumulateurs, ceux-ci ayant une force contre-électromotrice déterminée, on doit s'arranger naturellement de telle sorte que la machine donne une force *em* supérieure à celle qu'elle a à vaincre. Or on peut obtenir la force *em* voulue soit par une rotation assez rapide de l'armature, soit par un enroulement comprenant un nombre suffisant de spires sur les bobines. Comme la vitesse de la machine est limitée par des conditions de sécurité, on devra, à partir de cette limite, s'il est nécessaire, recourir à l'enroulement d'un plus grand nombre de tours de fil. Il en sera de même pour l'éclairage par les lampes à arc, qui exigent un nombre minimum de volts entre leurs bornes. En galvanoplastie, au contraire, on n'a pas de force

contre-électromotrice sensible à vaincre, mais on a besoin de courants très intenses; on donnera donc à la machine une faible résistance intérieure (quelques centièmes d'ohm). De même dans la distribution de la lumière en dérivation, le circuit extérieur ayant une résistance assez faible, la machine devra avoir elle-même une résistance minime afin de ne pas absorber une trop grande fraction de l'énergie dépensée sous forme de chaleur. Si le circuit extérieur présentait une grande résistance, comme dans le transport de la force à grande distance, il serait inutile de chercher à réduire la résistance des machines; on améliorerait au contraire le rendement, en même temps qu'on fournirait plus de travail, en enroulant sur les inducteurs et les armatures beaucoup de spires, ce qui donnerait des forces *em* élevées. Certaines machines destinées à ce dernier usage ont de 500 à 800 ohms et peuvent donner jusqu'à 2 ou 3.000 volts et même davantage (*).

Ajoutons encore que certaines applications exigent l'emploi de courants alternatifs (bougies électriques, par exemple), d'autres celui de courants redressés ou même continus (électrochimie, transport de la force); enfin que la construction des machines *réceptrices* ou *moteurs*, qui servent à transformer l'énergie électrique reçue en énergie mécanique, diffère de celle des machines *génératrices* destinées à transformer le travail mécanique en énergie électrique; et l'on comprendra la nécessité d'avoir un grand nombre de types de machines se pliant aux diverses exigences de la pratique. Toutefois ces types ne diffèrent pas essentiellement

(*) Dans les prochains essais de transport d'une force de 100 chevaux de Creil à Paris, par M. Deprez, on devra dépasser 7.000 volts.

les uns des autres; et ils peuvent être ramenés à un petit nombre d'entre eux, dont certains détails ont été modifiés d'une manière plus ou moins heureuse pour la création de modèles nouveaux. Ainsi les machines à courants continus ont presque toutes comme armature l'anneau de Gramme ou le tambour von Hefner Alteneck plus ou moins transformés.

Malgré le nombre restreint des types vraiment distincts de machines magnétos ou dynamos, aucune classification n'a encore été adoptée d'une manière générale, et les avis restent très partagés à cet égard. Ainsi Gordon admet la division en machines à aimants permanents ou *magnéto-électriques*, transformant le travail en énergie électrique, et machines *dynamo-électriques*, dans lesquels les aimants sont remplacés par des électro-aimants. En outre, il désigne sous le nom de machines *électro-magnétiques* les moteurs destinés à effectuer la transformation inverse de l'énergie électrique en travail (*).

M. S.-P. Thompson, au contraire, n'admet pas de distinction tranchée entre les machines à aimants et celles à électro-aimants. D'après lui, il est plus rationnel de les ramener toutes, génératrices et réceptrices, sous le nom unique de machines *dynamo-électriques*, aux trois classes suivantes (**) :

1° Dynamos caractérisées par la *rotation* de bobines, dans un champ magnétique *uniforme*, autour d'un axe perpendiculaire aux axes de ces bobines (machines

(*) Voir le *Traité expérimental d'électricité et de magnétisme* de Gordon, traduit par M. J. Raynaud.

(**) Voir le *Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques* de S. P. Thompson, traduit par M. Boistel.

Gramme, Siemens-Alteneck, Edison, Brush, Mouse-Mill de Thomson, etc.);

2° Dynamos caractérisées par la *translation* périodique de bobines dans un champ magnétique d'intensité *variable* aux différents points (machines à courants alternatifs de Clarke, Wilde, Siemens, Gordon, de Méritens, etc.);

3° Dynamos munies d'un conducteur tournant de manière à produire une augmentation continuelle dans le nombre des lignes de force coupées, au moyen du glissement d'une partie du conducteur, soit sur l'aimant, soit autour de lui ou sur toute autre portion du circuit (machines Siemens unipolaire, etc.).

Cette classification nous paraît originale plutôt que rationnelle. Elle a d'ailleurs besoin, pour être comprise, de commentaires que l'on trouvera dans le Traité de M. Thompson.

Enfin d'autres auteurs ont tenté d'établir des classifications plus ou moins arbitraires en les basant, soit sur la présence ou l'absence de noyaux de fer doux dans les bobines, soit sur la forme de l'armature, etc.; c'est dire que l'on est encore loin d'une entente générale sur cette intéressante question.

Pour nous, sans rechercher quelle serait la marche la plus naturelle à suivre au point de vue de la monographie des machines, nous adopterons l'ordre qui paraît le plus logique pour l'exposition de la théorie, et nous traiterons successivement les cas suivants :

I. Machines magnétos, à aimants permanents ou à électro-aimants excités par un courant indépendant du courant induit. — 1er cas, courants alternatifs; 2e cas, courants simplement redressés, au moyen d'un com-

mutateur; 3e cas, courants continus, au moyen d'un collecteur.

II. Machines dynamos, à électro-aimants excités par le courant induit lui-même, en série ou en dérivation. Ce courant doit être alors continu ou au moins redressé.

V. THÉORIE DES MACHINES MAGNÉTOS.

Cas des courants alternatifs. — Dans ces machines, soit à aimants permanents (machines de l'Alliance, par exemple), soit à électro-aimants excités par un courant indépendant (machine de Wilde), le champ magnétique dû aux inducteurs est invariable. Chacune des bobines dont se compose l'armature, ayant un mouvement de rotation dans ce champ, est soumise à une force *em* induite périodique. La construction de la machine est telle que la valeur de la force *em* induite à un instant quelconque est la même dans toutes les bobines, et celles-ci sont reliées entre elles de telle sorte que toutes les forces *em* induites s'ajoutent. Il en résulte que l'on dispose, dans le circuit comprenant la machine et les résistances extérieures, d'une force *em* totale également périodique. La période est égale à la durée T d'une révolution de l'armature dans la machine de Clarke, où l'on n'a qu'un aimant inducteur; elle est égale à $\frac{T}{n}$ si les bobines, dans une révolution, passent successivement devant les $2n$ pôles alternés de n aimants également espacés, comme dans la machine de l'Alliance, où $n = 8$.

Si l'on désigne par T le flux de force magnétique

total à travers l'armature à un instant donné, la force *em* induite ε sera, comme on le sait, représentée par la dérivée $\left(-\frac{d\mathfrak{E}}{dt}\right)$. Nous avons vu plus haut (§ II, *Mesure de champs magnétiques*) comment on peut mesurer la variation du flux de force $\mathfrak{E}$ aux différentes phases d'une révolution des bobines ; on aura donc par là même l'expression de ε, que l'on pourra représenter soit par une courbe, soit par une table numérique.

Remarquons que la valeur de $\mathfrak{E}$ à un moment donné ne dépend que de l'angle α dont l'armature a tourné depuis l'origine. Or la force *em* induite peut s'écrire :

$$\varepsilon = -\frac{d\mathfrak{E}}{dt} = -\frac{d\mathfrak{E}}{d\alpha}\frac{d\alpha}{dt}.$$

Comme $\frac{d\alpha}{dt}$ est la vitesse de rotation et que $\frac{d\mathfrak{E}}{d\alpha}$ ne dépend que de α, il en résulte que la force *em* ε est proportionnelle à la vitesse de l'armature.

Ces conclusions, il est vrai, doivent être modifiées lorsque l'intensité du courant induit devient assez forte pour réagir sensiblement sur les inducteurs et pour modifier leur champ magnétique, que nous avons supposé invariable. Toutefois en pratique la loi de proportionnalité de la force *em* induite à la vitesse peut être considérée exacte jusqu'à une certaine limite de la vitesse, au delà de laquelle la force *em* croît moins rapidement que ne l'indique la loi, soit à cause de la raison précédente, soit parce que les noyaux de fer doux ne prennent plus une aimantation proportionnelle à l'intensité, soit encore à cause des courants de Foucault, qui absorbent une partie de l'énergie au détriment du circuit induit et produisent un abaissement de la force *em*.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on aura construit une table des valeurs de ε ou sa courbe représentative, on pourra développer ε suivant la formule de Fournier :

$$\varepsilon = E_0 + E_1 \sin m(t - \theta_1) + E_2 \sin 2m(t - \theta_2) + \ldots$$

Dans cette formule $\frac{2\pi}{m}$ représente la durée de la période. E_1, θ_1, E_2, θ_2,..... sont des coefficients que l'on calculera par le procédé classique. Quant à E_0, qui représente la valeur moyenne de la force *em*, il est nul.

Pour calculer l'intensité i du courant induit, on n'a qu'à se reporter à la théorie des courants alternatifs développée plus haut (§ III). Si R et L désignent la résistance totale et la self-induction du circuit, on aura :

$$i = \frac{E_1}{\sqrt{R^2 + L^2 m^2}} \sin m(t - \varphi_1) + \frac{E_2}{\sqrt{R^2 + 4 L^2 m^2}} \sin 2m(t - \varphi_2) + \ldots$$

Rappelons ici que le carré moyen de l'intensité est :

$$\frac{1}{T} \int_0^T i^2 \, dt = \frac{1}{2} \left(\frac{E_1^2}{R^2 + L^2 m^2} + \frac{E_2^2}{R^2 + 4 L^2 m^2} + \ldots \right) = I^2,$$

et par suite l'énergie dépensée dans le circuit est RI^2 dans l'unité de temps, cette valeur étant exprimée en watts, si R et I sont exprimés en ohms et ampères. Si l'on veut avoir l'équivalent en kilogrammètres, on écrira :

$$RI^2 \text{ watts} = \frac{RI^2}{g} \text{ kilogrammètres par seconde},$$

g étant égal à 9,81.

Les formules précédentes deviennent d'une application difficile en pratique lorsque les termes E_2, E_3,.... ne sont point négligeables par rapport à E_1. Mais

souvent on obtient une approximation suffisante en se bornant au terme en E_1. Supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'une machine de Clarke, dans laquelle la durée de la période $\frac{2\pi}{m}$ est égale à la durée d'une révolution des bobines, et que le flux de force $\mathfrak{E}$ ait pour expression :

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{E}_0 + \mathfrak{E}_1 \cos \alpha,$$

α étant l'angle des bobines avec la ligne des pôles. La force *em* induite sera :

$$\varepsilon = -\frac{d\mathfrak{E}}{dt} = \mathfrak{E}_1 \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt},$$

soit :

$$\varepsilon = m\mathfrak{E}_1 \sin mt,$$

m désignant la vitesse angulaire des bobines. Par suite :

$$i = \frac{m\mathfrak{E}_1}{\sqrt{R^2 + L^2 m^2}} \sin m(t - \varphi_1).$$

Le carré moyen de l'intensité est :

$$I^2 = \frac{1}{2} \frac{m^2 \mathfrak{E}_1^2}{R^2 + L^2 m^2},$$

et l'énergie calorifique dépensée dans une seconde est

$$RI^2 = \frac{1}{2} \frac{R m^2 \mathfrak{E}_1^2}{R^2 + L^2 m^2}.$$

On conclut de là : 1° que, si la force *em* croît indéfiniment avec la vitesse m, il n'en est pas de même de l'intensité I, qui tend vers la limite $\frac{\mathfrak{E}_1}{L}\sqrt{\frac{1}{2}}$ lorsque m devient infini; 2° que l'énergie calorifique dépensée dans le circuit dépend de la résistance totale R et devient maximum pour la valeur $R = Lm$. Ce maxi-

mum égal à $\frac{m\mathfrak{E}_1^2}{4L}$, croît indéfiniment avec la vitesse, pourvu que l'on prenne toujours $R = Lm$.

Le même raisonnement s'applique à d'autres machines. Toutefois si, au lieu d'un seul aimant comme dans la machine Clarke, on en a plusieurs, par exemple 8 comme dans la machine de l'Alliance, la période du courant est diminuée en conséquence et la valeur de m est égale à la vitesse angulaire multipliée par le nombre des aimants devant les pôles desquels chaque bobine passe successivement dans une révolution.

— Dans certaines machines, les bobines induites peuvent être groupées soit en quantité, soit en tension, et l'on peut se proposer de déterminer le groupage le plus avantageux dans un cas particulier. Soit, à cet effet, r la résistance de chaque bobine, l sa self-induction, e (ou plutôt $e \sin mt$) sa force *em* induite, n le nombre des groupes en tension, chaque groupe comprenant p bobines en quantité ; enfin ρ la résistance extérieure à la machine. Le nombre total $np = N$ des bobines est donné. Si V_1 et V_2 sont les potentiels aux extrémités d'un groupe de p bobines, l'intensité dans chacune de celles-ci étant seulement $\frac{i}{p}$, on a pour l'une quelconque d'entre elles :

$$V_1 - V_2 = r\left(\frac{i}{p}\right) + l\frac{d\left(\frac{i}{p}\right)}{dt} - e.$$

Si l'on écrit ceci sous la forme :

$$V_1 - V_2 = \left(\frac{r}{p}\right)i + \left(\frac{l}{p}\right)\frac{di}{dt} - e,$$

on voit que l'effet du groupe en question est le même que si ce groupe était remplacé par une seule bobine de résistance $\frac{r}{p}$, de self-induction $\frac{l}{p}$ et de force *em* induite e. Par conséquent dans la formule trouvée précédemment.

$$I^2 = \frac{1}{2}\frac{m^2\mathfrak{E}_1^2}{R^2 + L^2 m^2},$$

on n'a qu'à remplacer R par $(\rho + \frac{n}{p}r)$, L par $\left(\frac{n}{p}l\right)$ et la force *e. m.* $m\mathfrak{E}_1$ par ne, ce qui donne :

$$I^2 = \frac{1}{2}\frac{n^2 e^2}{\left(\rho + \frac{nr}{p}\right)^2 + \left(\frac{nl}{p}\right)^2 m^2}.$$

Comme np est constant, le maximum d'intensité I aura lieu si n et p sont tels que l'on ait :

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{nr}{p}\right)^2 + \left(\frac{nl}{p}\right)^2 m^2},$$

c'est-à-dire si la résistance extérieure ρ est égale à ce que l'on pourrait appeler la résistance apparente de la machine mise en court circuit, puisque dans l'hypothèse du court circuit l'intensité i serait :

$$i = \frac{ne}{\sqrt{\left(\frac{nr}{p}\right)^2 + \left(\frac{nl}{p}\right)^2 m^2}} \sin m(t - \varphi_1).$$

Si l'on veut d'autre part disposer de ρ de manière à rendre maximum l'énergie calorifique dépensée dans le circuit extérieur, soit ρI^2, on trouve exactement la même condition :

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{nr}{p}\right)^2 + \left(\frac{nl}{p}\right)^2 m^2}.$$

Par conséquent si l'on a groupé les bobines de manière à obtenir l'intensité maximum pour une résistance extérieure donnée ρ, c'est cette résistance ρ qui absorbera le maximum d'énergie avec le groupage en question. On remarquera l'analogie de cette solution avec celle du problème relatif au groupage des piles.

Prenons comme exemple une machine à 80 bobines, dont chacune a une résistance $r = 3^{\text{ohms}},9$ et une self-induction $l = 0,1$, la résistance extérieure ρ étant de 100 ohms. La machine faisant 900 tours à la minute, il y a, par seconde, 15 révolutions et $15 \times 8 = 120$ inversions du courant si chaque bobine passe devant les pôles de 8 aimants. Il en résulte

$$m = 2\pi \times 120 = 754,$$

et par suite $\sqrt{r^2 + l^2 m^2}$ peut être remplacée par $lm = 75,4$ sans erreur appréciable. Le meilleur groupage correspond donc à :

$$\frac{n}{p} = \frac{\rho}{lm} = \frac{1}{0,754},$$

c'est-à-dire à 10 groupes en tension comprenant chacun 8 bobines en quantité.

Cette simple application montre quel rôle important la self-induction joue dans les machines à courants alternatifs. On a vu au § II comment on peut mesurer cette self-induction. Les autres éléments que l'on a à déterminer en pratique, pour se rendre compte du fonctionnement d'une machine, sont : la résistance intérieure r; la résistance ρ du circuit extérieur; la force *em* induite E correspondant à une vitesse de rotation déterminée; la différence de potentiels e aux bornes de la machine; l'intensité I du courant induit; le travail

moteur W fourni à la machine; le travail utile W_u recueilli sous forme de chaleur, etc.; enfin le rendement $\frac{W_u}{W}$.

Prenons comme exemple une machine alimentant une ou plusieurs lampes à arc. — 1° La mesure des résistances r et ρ doit être faite *à chaud*, c'est-à-dire à la température à laquelle elles sont portées par le passage du courant; il est bien évident en effet que ces résistances, surtout celle de la lampe à arc, laquelle est portée à l'incandescence, sont loin d'avoir, pendant le fonctionnement de la machine, la même valeur qu'à *froid*. — 2° La force *em* induite E peut ou bien se calculer quand on connaît la résistance totale du circuit et l'intensité du courant; ou bien se mesurer directement *en circuit ouvert* au moyen d'un électromètre à quadrants, dont l'aiguille et une paire de quadrants seraient reliés à une borne de la machine, l'autre paire communiquant avec la seconde borne. On obtient ainsi une valeur E dont le carré est la moyenne des carrés des valeurs de la force *em* variable, soit : $E^2 = \frac{1}{T}\int_0^T \varepsilon^2 \, dt$. Toutefois le chiffre E trouvé par ce procédé est un peu trop fort, car, lorsque le circuit extérieur est fermé, la force *em* est diminuée par la reaction de l'intensité I du courant sur le champ magnétique et par les courants de Foucault développés. — 3° La différence e depotentiels aux bornes peut également se calculer par la formule : $e = \rho I$, lorsqu'on connaît ρ et I; ou bien se mesurer au moyen de l'électromètre. — 4° L'intensité I se mesurera à l'aide, soit d'un électrodynamomètre placé dans le circuit *en série* et non *en dérivation*, soit d'un électromètre disposé comme il est indi-

qué au § III, soit encore d'un électrocalorimètre (*). — 5° Le nombre N de tours mesuré sur l'arbre au moyen d'un compteur fera connaître la vitesse angulaire $2\pi N$ qui, multipliée par le nombre d'inversions du courant dans une révolution, donnera la valeur de m. — 6° Le travail moteur W fourni à la génératrice s'obtiendra au moyen d'un dynamomètre de transmission. — 7° Quant au travail utile W_u, on le calcule ordinairement en considérant comme tel toute l'énergie calorifique ρI^2 dépensée dans les lampes. Toutefois il n'y a aucun rapport *à priori* entre cette quantité de chaleur ρI^2 et la quantité de lumière émise, laquelle constitue réellement l'effet utile. Mais d'autre part jusqu'ici on n'a aucun moyen de comparer d'une manière absolue une quantité de lumière à un travail, et le seul terme comparable à W est ρI^2. Le mieux est de déterminer à la fois, pour l'estimation du rendement, la valeur de ρI^2, qui est exprimée en watts, et celle de la lumière émise, qui est exprimée en becs carcels ou en fonction de l'unité de Violle (**).

W représentant en chevaux-vapeur l'énergie fournie à l'arbre de la machine, l'énergie dépensée dans le circuit électrique sera $\frac{(r + \rho)I^2}{75\,g}$ chev.-vap. $= w$. Il est à remarquer que w est toujours inférieur à W, car une partie de l'énergie W est perdue par les frotte-

(*) Un électro-calorimètre est un instrument dans lequel un conducteur de résistance connue est intercalé dans le circuit pendant un temps déterminé (30 secondes ou 1 minute, par exemple). La mesure de l'élévation θ de la température de ce conducteur fait connaître le carré moyen I^2 de l'intensité, lequel est proportionnel à θ d'après la loi de Joule.

(**) Rappelons ici que la Conférence internationale pour la détermination des unités électriques, réunie à Paris en avril 1884, a adopté pour l'unité de lumière *celle qui est émise par un centimètre carré de surface de platine à la température de fusion*. Cette unité, proposée par M. Violle, vaut, d'après lui, $2^{\text{carcels}},08$.

ments des pièces mobiles, par les courants de Foucault, etc. Le rapport $\frac{w}{W}$ est le coefficient de transformation de la machine ou son *rendement propre*. Il dépend de la vitesse et de l'intensité I et peut atteindre, dans de bonnes machines, 90 et même 94 p. 100. — Le rendement total est, sous la réserve exprimée plus haut, le rapport de l'énergie $\frac{\rho I^2}{75\,g}$ absorbée par les lampes à l'énergie fournie W. Le rendement électrique est le rapport de la même quantité à w, soit

$$\frac{\rho I^2}{75gw} = \frac{\rho}{r+\rho}.$$

Cette formule montre que l'on doit donner à la résistance r de la machine une valeur faible par rapport à la résistance *utile* ρ des lampes.

— Pour terminer ce qui est relatif aux machines à courants alternatifs, nous présenterons encore les observations suivantes :

1° Le Dr Hopkinson a montré que deux générateurs de courants alternatifs à même période accouplés *en série* sur le même circuit tendent toujours à prendre une différence de marche d'une demi-période qui annule leurs effets ; tandis que s'ils sont couplés *en dérivation*, ils prennent une marche qui ajoute leurs effets dans le circuit extérieur. Ainsi, dans une expérience exécutée au phare de Tino, deux machines égales de Méritens couplées parallèlement fournissaient un courant régulier de 200 ampères ; en série, elles ne donnaient plus que 18 ampères (*).

(*) Voir l'explication de ce fait dans la Note du docteur Hopkinson insérée au *Bulletin de la Society of Telegraph Engineers* de novembre 1884.

2° Dans les calculs développés plus haut, nous n'avons pas tenu compte des courants de Foucault et nous nous sommes contentés de signaler leur effet nuisible. Or nous avons vu au § III que, au moins tant que l'intensité I reste assez faible, leur effet se traduit par une augmentation ($+\rho$) de résistance et ($-\lambda$) de self-induction du circuit électrique. Comme ρ et λ ne varient qu'avec la vitesse, on pourra, pour une vitesse m connue, calculer leurs valeurs en donnant au circuit successivement les résistances R', R'' et R''' et en mesurant les intensités correspondantes I', I'' et I'''. On aura, en effet, la force *em* E restant constante :

$$\begin{aligned} E^2 &= I'^2[(R'+\rho)^2+(L-\lambda)^2m^2] \\ &= I''^2[(R''+\rho)^2+(L-\lambda)^2m^2] \\ &= I'''^2[(R'''+\rho)^2+(L-\lambda)^2m^2]. \end{aligned}$$

Lorsque l'intensité I dépasse une certaine valeur, ceci n'est plus exact, car alors ρ et λ dépendent, non seulement de m, mais encore de I.

3° Dans une Note sur les transmissions téléphoniques (*Annales télégraphiques*, mai-juin 1884), nous avons démontré qu'un condensateur de capacité C, embroché sur un circuit traversé par un courant de la forme $I \sin mt$, agit exactement comme une bobine de self-induction égale à $\left(-\frac{1}{Cm^2}\right)$. On peut donc faire abstraction de la présence du condensateur à la condition de remplacer, dans les formules, la self-induction L par $\left(L-\frac{1}{Cm^2}\right)$. Si l'on a choisi le condensateur de telle sorte que $CLm^2 = 1$, il aura pour effet de combattre entièrement la self-induction. Il serait facile et intéressant de voir en pratique jusqu'à quel

point cette prévision serait confirmée. Le Dr Hopkinson, dans sa Note du 13 novembre 1884 à la *Society of Telegraph engineers*, cite une expérience dans laquelle le Dr Muirhead aurait accru l'intensité d'un courant alternatif en embrochant un condensateur dans le circuit.

4° Dans la même note sur les transmissions télégraphiques, nous avons démontré que la capacité électrostatique d'une ligne peut affaiblir considérablement les courants alternatifs à l'arrivée. Cet affaiblissement n'est pas sensible tant que le produit CRm de la capacité C de la ligne par sa résistance R et par la vitesse m ne dépasse pas $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$. Mais si l'on a $CRm = 5$, par exemple, le courant d'arrivée n'est plus que les 43 centièmes du courant de départ. — Comme toutes choses égales d'ailleurs, CRm varie proportionnellement au carré de la longueur de la ligne, il en résulte théoriquement pour de longues lignes un désavantage des courants alternatifs sur les courants continus (*).

(*) Signalons ici une intéressante étude expérimentale de M. F. Lucas sur des machines de Méritens (voir *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, mai 1884). En ce qui concerne le groupage des bobines en tension ou en quantité, il est arrivé à des conclusions qui concordent avec les nôtres. Mais d'autre part il admet la formule empirique suivante :

$$I = \frac{a + \alpha n}{R + r + b + \beta n},$$

dans laquelle $(R + r)$ représente la résistance totale du circuit ; n le nombre de tours de la machine dans une minute ; a, α, b, β, quatre constantes. Comme exemple numérique, il donne, les bobines étant en série et ayant une résistance intérieure r égale à $0^{\text{ohm}},127$:

$$a = 12^{\text{volts}},88, \qquad \alpha = 0^{\text{volt}},218;$$
$$b = 0^{\text{ohm}},127, \qquad \beta = 0^{\text{ohm}},00254.$$

Cette formule n'est point compatible, même par approximation, avec la théorie classique ci-dessus développée. Nous n'en discuterons point ici la va-

Générateurs secondaires. — Le générateur secondaire de MM. Gaulard et Gibbs, le transformateur Zipernowski-Déri-Bláthy et les autres appareils de ce genre sont des bobines d'induction, de formes particulières, destinées à transformer les courants alternatifs, engendrés par des machines magnétos et circulant dans leur circuit primaire, en courants de même genre, mais d'intensités convenables, pour l'alimentation de lampes placées dans le circuit secondaire. C'est pourquoi nous en faisons mention ici, après la théorie des machines à courants alternatifs. Nous n'avons pas d'ailleurs à faire leur description, que l'on trouvera dans diverses revues scientifiques, entre autres la *Lumière électrique*.

Les éléments à considérer dans un générateur secondaire sont la résistance de chacun des circuits primaire et secondaire, leur self-induction et leur induction mutuelle. Les coefficients d'induction ne sont pas des constantes absolues ; ils dépendent à la rigueur de l'intensité et même de la période du courant. Mais, ainsi que nous l'avons vu, on peut pour une première approximation considérer ces quantités comme constantes, surtout lorsque l'intensité est assez faible. La résistance même de chaque circuit est un peu variable : 1° à cause de l'échauffement qu'y détermine le passage du courant ; 2° à cause des courants de Foucault, qui ne sont jamais complètement éliminés et qui ont pour effet d'augmenter la résistance apparente des circuits.

Pour la théorie de ces appareils, on n'a qu'à se re-

leur ; nous nous bornerons à remarquer que pour une vitesse nulle ($n = o$) elle conduit à un résultat inadmissible, savoir que la force *e m* induite ($a = 12^{\text{volts}},88$) et l'intensité I ne sont pas nulles.

porter au § III (*Courants alternatifs induits dans un circuit secondaire*). Nous ajouterons que leur rendement a été en général déterminé d'une manière assez irrationnelle, comme le fait d'ailleurs remarquer M. Roiti (*). Étant donnée une ligne d'une longueur quelconque, 40 kilomètres par exemple (Turin-Lanzo), le long de laquelle on installe des générateurs secondaires aux différents points où l'on doit fournir l'éclairage électrique, on mesure pour chaque appareil : d'une part l'énergie w_1 absorbée entre les bornes de sa bobine primaire; d'autre part l'énergie w_2, utilisée dans les lampes du circuit secondaire, et l'on considère comme rendement le rapport de w_2 à w_1. Ce rapport est bien en quelque sorte le rendement propre de l'appareil; mais il n'est pas le rendement du *système de distribution*, puisque l'on néglige les pertes d'énergie le long de la ligne. Pour établir une comparaison significative entre la valeur de ce système et celle de tout autre système de distribution d'éclairage, on doit, pour chacun d'eux, prendre le rapport de l'énergie totale utilisée à l'énergie totale dépensée. C'est ce rapport qui, pour les générateurs secondaires, peut être mis sous la forme simple et pratique

$$\frac{1}{R_1 + \Sigma\rho} \sum \rho \frac{R_2}{r}.$$

La question du rendement n'est d'ailleurs pas la seule importante, et dans certains cas on la sacrifie un peu afin d'obtenir une plus grande somme d'énergie utilisée. Il n'est pas hors de propos d'indiquer ici que la méthode qui paraît la plus pratique et la meilleure

(*) Voir *Lumière électrique*, 12 septembre 1885.

pour mesurer l'énergie absorbée entre deux points d'un circuit, soit sous forme de chaleur, de lumière ou de travail électrochimique, soit sous toute autre forme, est celle qui a été indiquée par M. Potier et dans laquelle il est fait usage de l'électromètre à quadrants (*).

Cas des courants redressés. — Certaines applications exigent l'emploi de courants constamment de même sens. Les machines magnétos que nous venons d'étudier peuvent fournir des courants *redressés*, au moyen d'un commutateur automatique, lequel intervertit les communications entre les extrémités du circuit extérieur et les bornes de la machine au moment même où dans celle-ci le courant va changer de sens. La théorie est facile à faire dans ce cas ; elle découle de celle que nous avons développée au sujet des courants alternatifs.

Soit en effet $\varepsilon = \mathrm{E} \sin mt$ la force *em* induite dans la machine, L la self-induction de celle-ci, R la résistance totale du circuit ; nous supposons nulle, pour simplifier, la self-induction du circuit extérieur, ce qui est vrai dans beaucoup de cas. Si le commutateur ne fonctionne pas, l'intensité du courant est régie par l'équation :

$$i = \frac{\mathrm{E}}{\sqrt{\mathrm{R}^2 + \mathrm{L}^2 m^2}} \sin(mt - \alpha),$$

α étant un angle tel que

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{\mathrm{L}m}{\mathrm{R}}.$$

Par conséquent s'il s'agit, par exemple, d'une machine de Clarke, tandis que la force *em* induite $\mathrm{E} \sin mt$

(*) *Journal de physique*, 1881, p. 445.

s'annule chaque fois que les bobines repassent devant les pôles des aimants, c'est-à-dire quand l'angle décrit mt est un multiple de π, l'intensité au contraire s'annule un peu plus tard lorsque l'angle décrit est égal à ce multiple de π augmenté de α. Cet angle α représente le retard dû à la self-induction.

Or si l'on imagine qu'au moment où l'intensité est nulle, et où par suite les bornes de la machine sont au même potentiel, on renverse instantanément les communications avec le circuit extérieur, comme la résistance totale R n'aura pas été changée, l'intensité i dans la machine continuera à être représentée par la même formule exactement, et le seul effet produit sera que l'intensité dans le circuit extérieur n'aura pas changé de sens.

Cette manœuvre est produite par le commutateur automatique ; et l'on voit, par ce qui précède, que, pour atteindre le but cherché, le *diamètre de commutation*, c'est-à-dire la ligne des points de contact des frotteurs sur l'axe, doit être en avance de l'angle α sur la ligne des pôles. On appelle α *angle de calage* des balais frotteurs. Cet angle dépend de la vitesse angulaire des bobines, et sa tangente est proportionnelle à cette vitesse m.

Si l'on n'avait pas soin de déterminer exactement le diamètre de commutation, il en résulterait deux inconvénients : 1° pendant une fraction de tour de la machine d'autant plus grande que l'angle de calage serait plus mal déterminé, on aurait dans le circuit extérieur un courant négatif qui détruirait en partie l'effet du courant positif; 2° le renversement des communications aurait lieu à un instant où l'intensité ne serait pas nulle ; il en résulterait un extracourant dû à la

self-induction des bobines et qui produirait des étincelles aux balais. Ces étincelles détériorent l'appareil, et en outre elles absorbent une somme d'énergie qui est perdue complètement.

En pratique, on détermine le calage des balais précisément par la condition qu'il y ait le moins possible d'étincelles aux balais. A vrai dire, il y en a toujours plus ou moins. Cela tient en partie à ce que, l'angle de calage correspondant à une vitesse déterminée, si la vitesse n'est pas très régulière, ses variations se traduiront par la présence d'étincelles; en partie à ce que le renversement des communications, au lieu d'avoir lieu instantanément, exige un certain temps, et que par conséquent on ne peut supposer l'intensité nulle pendant toute sa durée. La perte d'énergie qui résulte de ce chef est, pour ainsi dire, impossible à évaluer théoriquement. On a essayé de la calculer (*); mais il est nécessaire pour cela de recourir à des hypothèses qui ne sont pas réalisées en pratique et enlèvent aux calculs même tout caractère d'approximation.

Nous avons montré au § III que si l'on mesure l'intensité moyenne d'un courant variable à l'aide d'un galvanomètre et d'un électrodynamomètre, les indications des deux instruments ne concorderont pas. Si I_0 est l'intensité moyenne accusée par le galvanomètre, l'intensité variable i peut s'écrire

$$i = I_0 + i_1,$$

i_1 représentant une intensité variable dont la valeur moyenne est nulle (telle que $i_1 = I_1 \sin mt$) et qui est superposée au courant constant I_0. Dès lors, de trois

(*) Voir Joubert, *Journal de physique*, 1883.

instruments : galvanomètre, téléphone, électrodynamomètre, intercalés dans le circuit, le premier donnera une indication proportionnelle à I_0 seulement, le second une indication proportionnelle au carré moyen de i_1 seulement, et le troisième une déviation proportionnelle à la somme des carrés moyens de I_0 et de i_1, puisque

$$\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt = I_0^2 + 2 I_0 \frac{1}{T}\int_0^T i_1 dt + \frac{1}{T}\int_0^T i_1^2 dt,$$

et que le terme $\int i_1 dt$ est nul. Les mesures à l'électrodynamomètre sont seules à considérer pour le calcul de l'énergie dépensée.

Les mesures de résistances, de potentiels, d'énergie dépensée et utilisée, sont les mêmes dans le cas des courants redressés que dans le cas des courants alternatifs.

(*A suivre.*)

VASCHY.

GÉNÉRATEURS D'ÉLECTRICITÉ

DE M. P. GERMAIN

POUR LA PRODUCTION DE LA LUMIÈRE

PAR LES APPAREILS DE CHAUFFAGE

I

Pile quadruple à grande surface, à un seul liquide. — L'élément de cette pile se compose d'un tube prismatique, construit avec des planchettes en bois de châtaignier : le tube, fermé en bas, est divisé en quatre compartiments par des cloisons du même bois. Ce bois est très perméable : d'ailleurs, les parois, cloisons et le fond sont percés de petits trous, de sorte qu'en plongeant le récipient dans une solution, celle-ci pénètre partout. Le haut seul du tube est enduit d'une peinture au caoutchouc. Des feuilles de cuivre, en forme de cornières, garnissent entièrement les quatre arêtes longitudinales et s'étendent sur les faces latérales sans s'y rejoindre, formant ainsi quatre électrodes distinctes. On remplit les quatre compartiments de grains ronds de zinc presque pur, provenant de déchets de feuilles minces de battage. Puis, les tubes sont plongés dans une cuve en fonte émaillée, divisée en autant de cases qu'il y a d'éléments, et on verse de l'eau acidulée dans les cases.

L'élément prismatique renferme, en définitive,

quatre couples qui ne doivent travailler qu'à tour de rôle : les quatre cornières de cuivre du premier élément constituent quatre pôles positifs distincts, et les quatre compartiments, remplis de grains de zinc, du dernier élément, constituent quatre pôles négatifs distincts. Le compartiment zinc n° 1 du premier élément est relié à la lame de cuivre n° 1 du second élément, le compartiment zinc n° 1 de celui-ci est relié à la lame de cuivre n° 1 du troisième, et ainsi de suite. Tous les couples n° 1 des éléments forment ainsi une première pile séparée; les couples n°s 2, 3 et 4 forment trois autres piles séparées.

Les pôles de ces quatre piles aboutissent à un commutateur circulaire tournant qui, à intervalles égaux, met le circuit extérieur en communication successive avec chacun des quatre pôles. De cette façon, chaque pile est en activité pendant un quart de tour et se repose pendant les trois autres quarts de la révolution : on élimine ainsi en grande partie les effets de la polarisation, et chaque pile travaille avec son maximum de force électro-motrice.

Si maintenant l'on chauffe l'eau acidulée de la caisse en fonte émaillée, la vapeur, en s'élevant, détache les bulles d'hydrogène adhérentes aux électrodes de cuivre et facilite encore la dépolarisation. Enfin, la résistance des liquides diminuant notablement avec la température, on a finalement une pile dont la résistance est très faible en raison de la température de la solution de sulfate de zinc, de son état de saturation et des dimensions des électrodes : la force électro-motrice atteindrait, suivant l'auteur, $1^{volt},43$ par couple actif.

La disposition générale du calorifère-lumière fondé sur l'emploi de cette pile est la suivante : la cuve rec-

tangulaire avec ses cases contenant les éléments est placée au-dessus d'une chambre à vapeur, avec laquelle ses cases communiquent par de petits trous percés dans le fond. L'ensemble s'applique par une face latérale contre la paroi du foyer du calorifère, et est chauffé en dessous par un retour de la flamme et des gaz de la combustion. La vapeur, produite par un petit bouilleur placé sur le foyer, arrive dans la chambre, et par la pression qu'elle exerce sur le fond de la cuve empêche la solution de suinter par les petits trous et de tomber dans la chambre. Cette vapeur est maintenue sèche par la chaleur amenée au-dessous de l'appareil, tandis que la chaleur reçue latéralement enlève par évaporation à la solution acide l'excès d'eau déposé par la condensation de la vapeur ascendante. C'est aussi la vapeur qui actionne, par l'intermédiaire d'une turbine, le commutateur tournant. Il est clair que le commutateur peut être disposé de telle sorte que les courants successifs émis soient de mêmes sens ou alternativement de sens contraires. Quand il s'agit d'alimenter des lampes électriques, l'auteur a remarqué que l'on pouvait, sans altérer la fixité de la lumière, interrompre le circuit pendant 1/20 de seconde. Si le commutateur tourne à raison de un tour par seconde, chacun des secteurs de contact pourra être isolé du suivant par un intervalle de 1/20 de tour, en sorte que la période de repos de chaque pile pourra être cinq fois plus grande que la période d'activité.

Lorsqu'on cesse de faire fonctionner le générateur d'électricité, on arrête l'arrivée de la vapeur; la solution de sulfate de zinc n'étant plus retenue passe alors par gouttelettes à travers les petits trous de la cuve et tombe dans la chambre.

Pour remettre l'appareil en marche, par le jeu d'un robinet, on refoule cette solution dans un récipient spécial, et on introduit un volume égal de solution acide dans les compartiments de la pile.

L'auteur s'est encore proposé de régénérer dans le même appareil les grains ronds de zinc et l'acide en électrolysant dans une cuve spéciale le sulfate de zinc recueilli dans la chambre. Nous n'entrerons pas dans les détails de ce dispositif, dont la valeur pratique ne peut être appréciée qu'après une expérimentation suivie. Disons cependant que le courant électrique nécessaire à cette électrolyse sera fourni par une pile thermo-électrique dont les éléments *fonte* et *alliage de zinc* sont disposés de telle sorte que les soudures se trouvent de part et d'autre d'un cylindre creux en grès dur formant la cheminée du calorifère. Ce cylindre de grès est enveloppé lui-même par une chemise cylindrique en laiton à section sinueuse. Les gaz chauds du foyer, avant de s'échapper à l'air libre, traversent les tuyaux de grès, échauffent les soudures placées sur la paroi interne de ce tuyau, tandis que les soudures placées sur la paroi externe sont refroidies par l'air extérieur, qui n'arrive au foyer du calorifère qu'après avoir traversé l'espace annulaire compris entre les deux cylindres. La cheminée thermo-électrique, constamment parcourue par deux courants d'air de sens inverse et de température très différente, utiliserait ainsi la chaleur perdue du foyer.

II

Pile à électrodes identiques. — Cette pile est fondée sur le dégagement d'électricité qui se manifeste lors-



que deux électrodes identiques, plongées dans la même solution acide, sont portées à des températures très différentes. Chaque couple se compose d'un récipient cylindrique horizontal, dont les bases sont constituées par deux joues en bois dur reliées par un axe creux en bois, et la surface latérale, par un tissu caoutchouqué, cloué sur le pourtour de ces joues. Le récipient est divisé en deux compartiments égaux par un diaphragme épais, mais très poreux, en trame de fil de noix de cocotier. De chaque côté de ce diaphragme, et à égale distance de l'axe dont ils sont solidaires, se trouvent deux tuyaux méplats en zinc, traversant les joues du récipient, lequel est rempli d'eau acidulée au 1/20e par de l'acide sulfurique.

Si un courant d'air très chaud (300 à 350 degrés) est lancé dans le tuyau supérieur et un courant d'air ordinaire dans le tuyau inférieur, et si l'on relie par un conducteur interpolaire deux des bouts des tuyaux émergeant du récipient, on constate l'existence d'un courant extérieur allant du tuyau froid au tuyau chaud. En d'autres termes, le zinc supérieur qui est échauffé se comporte comme l'électrode positive ou pôle négatif d'une pile, et le zinc inférieur qui est refroidi comme l'électrode négative ou le pôle positif. Le premier est plus oxydable que le second. Il s'unit à l'acide pour former du sulfate de zinc, lequel en vertu de sa densité, et grâce à la porosité du diaphragme, descend dans le compartiment inférieur, en sorte que le récipient ne renferme bientôt plus qu'une solution de sulfate de zinc : par l'électrolyse de ce sel, le tube chaud (supérieur) diminue de poids, le poids du tube froid (inférieur) augmente, et il s'établit une certaine compensation entre le zinc consommé et le zinc récupéré.

L'acide sert presque indéfiniment. D'après l'auteur, la proportion de zinc récupéré par rapport au zinc consommé dépasserait 85 p. 100.

Alors au bout d'un certain temps, on imprime au récipient une révolution de 180°, qui amène en haut le tube dont le poids a augmenté, et en bas, celui dont le poids a diminué, de telle façon que le premier soit traversé par le courant d'air chaud, et le second par l'air froid. Par une série d'interversions à intervalles réguliers, assez espacés, le couple pourra ainsi présenter une grande durée.

Pour former une pile, plusieurs récipients sont placés à la suite sur un axe commun, les *tubes électrodes* étant raccordés les uns aux autres par des manchons isolants faisant joint, de manière à former un canal continu traversé par l'air chaud ou froid. L'électrode supérieure de l'un des couples est reliée à l'électrode inférieure du couple adjacent par un fil conducteur recouvert de caoutchouc vulcanisé. Chaque rangée est en communication par son conduit supérieur avec une bouche d'air et de gaz chauds, et par son conduit inférieur avec une bouche d'air ordinaire, et on établit plusieurs rangées semblables si l'on dispose de plusieurs paires de bouches. L'auteur propose d'adapter une pile de ce genre à de petits calorifères pour leur faire produire l'électricité nécessaire à l'éclairage de quelques lampes à incandescence. La flamme et les gaz chauds sortant du foyer sont dirigés, avant de passer dans la cheminée, à travers les électrodes supérieures de six rangées, comprenant chacune six ou huit couples, et le foyer de l'appareil est disposé de façon qu'il ne puisse recevoir l'air froid nécessaire à la combustion qu'à travers les électrodes inférieures. La

température des gaz chauds étant d'environ 300°, celle du liquide dans les compartiments supérieurs serait de 70°, et la température de l'air froid étant de 15°, celle du liquide dans les compartiments inférieurs serait de 30°. Le liquide étant échauffé par sa partie supérieure, sa faible conductibilité calorifique fait que la chaleur se transmet lentement aux couches inférieures, et, d'autre part, le diaphragme épais qui sépare les deux compartiments étant aussi *très mauvais conducteur* de la chaleur, maintient une séparation nette entre la couche supérieure chaude et la couche inférieure froide.

Dans ces conditions, 50 éléments, avec des électrodes de 9 décimètres carrés, donneraient une force électromotrice de 36 volts, avec une résistance intérieure de 16 ohms (une heure après la fermeture du circuit).

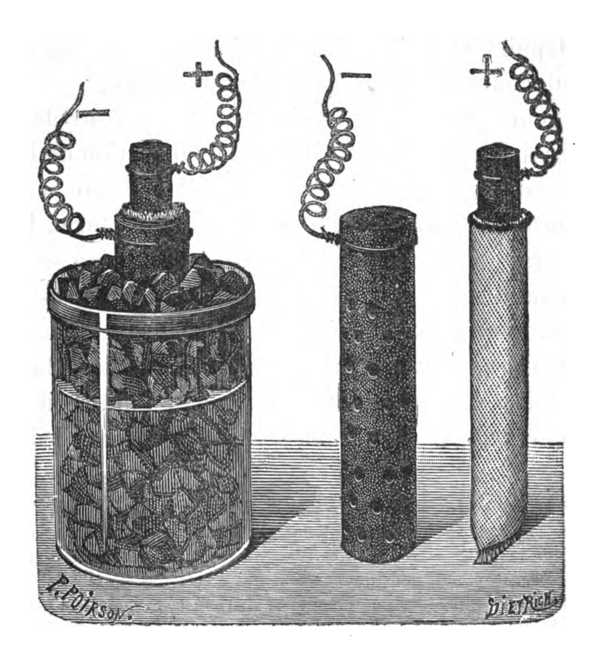
J. R.

PILE A ÉLECTRODES DE CHARBON

(SANS MÉTAUX)

DU DR D. TOMMASI & RADIGUET

La nouvelle pile, dont nous donnons ci-contre la figure, renferme comme électrode positive un bâton de



charbon recouvert d'une couche de peroxyde de plomb et renfermé dans une mèche de lampe, qui remplace

le papier parcheminé du premier modèle (1). Cette électrode, ainsi enveloppée, est placée dans un tube de charbon percé de trous ; le tout est mis dans un vase en verre rempli de fragments de charbon de cornue et d'une solution concentrée de chlorure de sodium ; le niveau de cette solution ne doit pas dépasser le milieu du vase de verre.

Cette pile, dont la force électromotrice est de 0,6 volt, ne travaille qu'en circuit fermé. Comme elle se polarise rapidement, elle ne convient que pour les applications qui réclament un courant intermittent. Dans ce cas, la durée de son fonctionnement est extrêmement longue, en quelque sorte illimitée ; plusieurs éléments, en activité depuis dix-huit mois, fonctionnent en effet absolument comme le premier jour du montage.

La seule perturbation qui puisse se produire dans le service de cette pile résulte de l'évaporation de l'eau, évaporation qui peut être assez rapide selon la température de l'endroit où est placée la batterie. Il est donc urgent de compenser cette évaporation par des additions d'eau proportionnées, mais d'eau pure seulement, la quantité initiale de sel demeurant à peu près intacte et, en tout cas, plus que suffisante dans la pile. Si on laisse la pile se dessécher complètement, il suffit d'y verser de l'eau ordinaire, jusqu'au niveau indiqué,

(*) Le premier modèle de cette pile, celui qui a été présenté à l'Académie des sciences, se composait d'une cuvette rectangulaire en porcelaine, au fond de laquelle se trouvait une plaque de charbon entourée d'une pâte de peroxyde de plomb constituant l'une des électrodes de la pile. L'autre électrode était formée par une plaque de charbon semblable à la première, mais couverte à sa partie supérieure de fragments de charbon de cornue platinés. Ces deux plaques étaient placées l'une sur l'autre et séparées l'une de l'autre par une feuille de papier parcheminé, disposée de façon à partager la cuvette en deux compartiments parfaitement cloisonnés (voir *Annales télégraphiques*, mai-juin 1884).

pour qu'elle recouvre immédiatement toute son activité. Encore peut-on éviter cette opération en mettant dans le vase un peu de chlorure de calcium; cette substance, éminemment hygrométrique, empêche l'eau de s'évaporer.

Cette pile a l'avantage de ne donner lieu à aucune évacuation délétère, et de n'exiger ni manipulation ni nettoyage.

Théorie de la pile à électrodes de charbon. — D'après M. Tscheltzow (*) le passage d'une molécule de protoxyde de plomb à l'état de peroxyde dégage 12,14 cal. La chaleur de formation du protoxyde de plomb (Pb O) anhydre étant 51 cal., il s'ensuit que la chaleur de formation du peroxyde (PbO^2) est 63,14 cal.

Partant de l'action exercée par le charbon sur l'eau (**), on peut expliquer comme suit ce qui se passe dans le vase de la pile :

Le charbon décomposant l'eau, en circuit fermé, il se formerait de l'acide carbonique et l'hydrogène serait mis en liberté, selon la réaction :

$$C + 2\,H^2O = CO^2 + 4\,H.$$

Les effets thermiques de cette réaction sont :

$$102{,}6 \text{ cal} - 138{,}0 \text{ cal} = -35{,}4 \text{ cal}.$$

D'autre part, dans le sac qui tient lieu de vase poreux, il y aurait réduction du peroxyde de plomb et formation d'eau, d'après l'équation :

$$PbO^2 + 4\,H = Pb + 2\,H^2O.$$

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 8 juin 1885.

(**) Dr Tommasi. — Electrolyse de l'eau avec des électrodos de différente nature. *Comptes rendus* du 24 octobre 1881.

et les effets thermiques de cette réaction seraient :

$$138{,}0 \text{ cal} - 63{,}14 \text{ cal} = 74{,}86.$$

La chaleur résultant de ces deux réactions est la somme algébrique de leurs effets thermiques, soit

$$74{,}86 - 35{,}40 = 39{,}46 \text{ cal.}$$

Le volt correspondant, selon certains auteurs, à 46,3 cal. la *fem.* théorique de la pile à électrodes de charbon serait

$$\frac{39{,}46}{46{,}3} = 0{,}85 \text{ volt.}$$

Si l'on admet pour le volt le chiffre de 47,16 calories adopté par d'autres personnes, on trouve $\frac{39{,}46}{47{,}16} = 0{,}84$ volt.

Les mesures directes ont donné le chiffre de 0,6 à 0,7 volt.

Cette différence s'explique facilement quand on considère que la pile se polarise aisément et que, outre l'acide carbonique, il peut se former de l'oxyde de carbone, ce qui tendrait à diminuer la chaleur produite par la première réaction; que, de plus, des actions secondaires peuvent se manifester et qu'enfin ces phénomènes sont certainement influencés par la température, le degré de pureté des matières en présence, etc.

On observe d'ailleurs une différence analogue entre la *fem.* théorique (2,43 volts) et celle déterminée par expérience (2,2 volts) avec la pile de De La Rive, qui se rapproche le plus de la pile à électrodes de charbon.

NOUVEAU PROCÉDÉ

DE

TÉLÉGRAPHIE MULTIPLE SUR UN MÊME FIL

Le système suivant de télégraphie multiple est basé sur le principe tiré de ces faits, démontrés par l'expérience, que :

1° Les courants électriques alternativement positifs et négatifs envoyés sur une ligne à une telle vitesse qu'ils produisent sur un téléphone des vibrations sonores d'une certaine hauteur de son, n'ont aucune action sur un appareil télégraphique (Morse ou Hughes) et ne gênent en aucune façon l'action d'une transmission télégraphique faite simultanément sur le même fil.

2° Les courants susceptibles de faire fonctionner les appareils télégraphiques peuvent, dans des conditions spéciales, n'avoir aucune action sur le téléphone, lorsque l'émission et l'interruption de ces courants sont faites graduellement, quoique dans un temps très court qu'on appelle période variable.

Ce principe admis, on conçoit facilement qu'on peut faire travailler simultanément sur un même fil, sans qu'ils se gênent, deux appareils dont l'un transmet des courants télégraphiques ordinaires reçus directement par un récepteur ordinaire, et dont l'autre transmet des courants phoniques reçus par un téléphone-relais

qui transformerait localement, à l'arrivée, les courants phoniques en courants télégraphiques actionnant un récepteur.

Mais expliquons comment un appareil télégraphique peut transmettre des courants phoniques, et comment ceux-ci peuvent se transformer en courants télégraphiques.

Je dois dire, tout d'abord, que cette description succinte n'est faite qu'en vue de l'application à l'appareil Hughes.

Pour produire les courants phoniques dont j'ai étudié la propriété d'inaction sur les appareils et les transmissions télégraphiques, je me suis servi d'une petite machine magnéto-électrique dont l'application en télégraphie présenterait des inconvénients. Je compte me servir ultérieurement d'un inverseur automatique, placé sur l'axe de la roue des types de l'appareil Hughes EF, et formé d'une roue, dont le développement est représenté

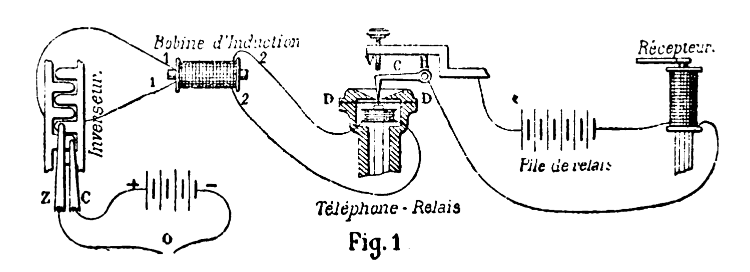


Fig. 1

figure 1, et de deux frotteurs Z et C. Les joues E et F de la roue, isolées l'une de l'autre, sont terminées sur la circonférence par des dents enchevêtrées, mais isolées, celles de la joue E de celles de la joue F.

Ces dents, au nombre de 250 pour chaque joue, forment autant de contacts rencontrés successivement

par les frotteurs Z et C. Dans la position actuelle, le frotteur Z est en contact avec une dent de la joue F, tandis que le frotteur C est en contact avec une des dents de la joue E. Dans la position suivante, le frotteur Z sera en contact avec une dent de la joue E, tandis que le frotteur C sera en contact avec une dent de la joue F, et ainsi de suite.

Supposons que l'inverseur soit commandé par l'axe de la roue des types d'un appareil Hughes à une vitesse de 120 tours par minute, et que nous fermions en O le circuit de la pile inductrice pendant 1/15 de seconde.

On fera ainsi passer dans le fil primaire de la bobine d'induction 66 courants alternatifs qui produiront dans le fil secondaire autant de courants également alternatifs d'une force électromotrice beaucoup plus grande et qui, passant dans la bobine B du téléphone, feront rendre au diaphragme D 33 vibrations et, par conséquent, un son d'une certaine hauteur.

Sous l'influence des vibrations énergiques et rapides du diaphragme, le levier GH, mobile autour du point H et dont l'autre extrémité repose sur le diaphragme, sera projeté contre la vis V, et fermera ainsi le circuit de la pile de relais à travers le récepteur Hughes qui déclanchera.

La figure 2 représente deux postes X et Y installés pour communiquer entre eux en télégraphie double par mon système.

Dans chaque poste, H est un appareil Hughes ordinaire; S est un appareil Hughes disposé pour communiquer au moyen de courants phoniques. B est la bobine d'induction; I, l'inverseur automatique; K, le levier manipulateur; E, l'électro-aimant du récepteur; R, le téléphone-relais.

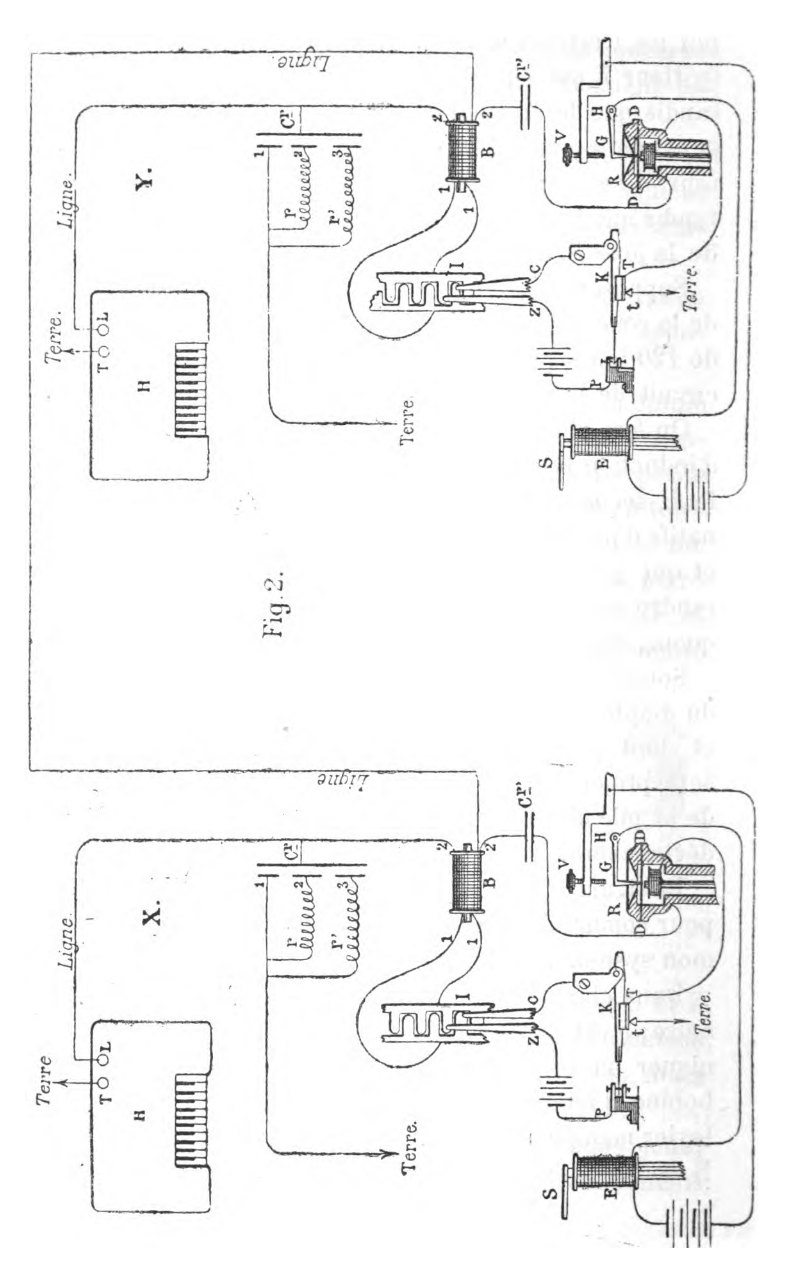


Fig. 2.

Lorsque le Hughes ordinaire H transmet, le courant émis par cet appareil rencontre d'abord un condensateur C^r dont l'une des armatures est reliée à la ligne. Ce condensateur est divisé en trois parties dont la deuxième armature est reliée à la terre, directement pour la première partie, à travers une résistance *r* pour la deuxième et, pour la troisième, à travers une résistance *r'* plus grande que *r*. Il en résulte que le courant, pour charger successivement les trois parties de ce condensateur, se perd tout d'abord et n'atteint à la terre que graduellement la hauteur de potentiel qu'il doit avoir sur les divers points de la ligne. Il passe par le fil secondaire de la bobine d'induction, charge le condensateur C*r'*, mais graduellement, de sorte que le courant provenant de cette charge et qui passe, pour se rendre à la terre, dans l'électro-aimant du téléphone-relais, n'a pas suffisamment d'action sur celui-ci pour faire produire un effet brusque au diaphragme D, et le levier G ne bouge pas.

Arrivé au poste correspondant, le courant télégraphique charge le condensateur C*r'* sans produire d'effet brusque sur le diaphragme du téléphone-relais, comme il vient d'être dit; il passe par le fil secondaire de la bobine d'induction, charge le condensateur C*r*, puis se perd à la terre après avoir traversé l'électro-aimant de l'appareil A qu'il fait déclancher.

Lorsque l'appareil S transmet, le levier K se soulève et isole la réception du téléphone-relais, fait déclancher automatiquement le récepteur, puis, en se mettant sur le contact P, il ferme le circuit de la pile inductrice sur l'inverseur automatique. Il en résulte aussitôt des courants alternatifs phoniques engendrés dans le fil secondaire de la bobine d'induction et envoyés sur la

ligne. Ces courants n'ont aucune action, ainsi qu'il a été dit, ni sur la transmission ni sur la réception des appareils H. Ils ne peuvent agir non plus sur le téléphone-relais du départ, qui est isolé en ce moment. — Au poste d'arrivée, ces courants changent alternativement en sens contraire le condensateur *Cr'*, et les courants résultant des décharges passent par le téléphone-relais, le petit bloc T (isolé) du levier K, et se perdent à la terre par le contact *t*. Le diaphragme D vibre et fait sauter le levier G; celui-ci ferme, sur la vis V, le circuit de la pile locale à travers l'électro-aimant E de l'appareil S qui déclanche.

Ce système peut être utilisé de plusieurs manières. Je vais en indiquer trois à titre d'exemple :

1° Double transmission entre deux stations (Paris et Lyon, par exemple), comme il vient d'être expliqué : l'une par courants télégraphiques, l'autre par courants phoniques.

2° Double transmission entre trois ou quatre stations différentes; soit un fil de Paris-Marseille : ces deux stations communiqueraient par courants télégraphiques, tandis que Dijon et Lyon communiqueraient sur le même fil par courants phoniques.

3° Transmission multiple entre quatre stations sur un même fil; soit Paris et Marseille communiquant entre eux par courants télégraphiques avec relais à Dijon et à Lyon. On pourra, en même temps, établir, par courants phoniques, trois autres communications : une première entre Paris et Dijon, une deuxième entre Dijon et Lyon, une troisième entre Lyon et Marseille.

SIEUR.

CHRONIQUE.

Les télégrammes à six pence.

Ce système de télégrammes, inauguré le 1er octobre, a donné lieu aux observations suivantes :

Dès le premier jour, le public semble avoir profité, dans une large mesure, de la réduction dans le prix des télégrammes. Sur 1000 télégrammes pris au hasard envoyés de Londres en province, 484 se trouvaient dans la limite du tarif de 6 pences, et 8 seulement dans celle du tarif de 1 shilling. La même observation, faite sur un nombre analogue de dépêches métropolitaines, a donné 402 télégrammes au-dessous de 12 mots (nouveau tarif) contre seulement 2 à l'ancien tarif. L'augmentation du nombre de dépêches le jour de l'inauguration, comparé à celui du jour correspondant de la semaine précédente, a été de 13.253 ou 29,5 p. 100, et la proportion de l'augmentation pour la ville de Londres a été de 52 p. 100.

Les opérateurs des deux sexes, dont le nombre a été porté à 1,500, ont été positivement sur les dents toute la journée, le service se faisant toutefois avec toute la ponctualité désirable.

Trois nouveaux réseaux principaux, reliant Londres à Newcastle, Carlisle et Plymouth, par des routes circuiteuses, et ayant de nombreux branchements, et comportant environ 33,000 kilomètres de fils, ont été construits; des câbles sous-marins à trois fils ont été posés entre la mère patrie et les îles de la Manche, l'île de Man, les Shetlands, Orkney, etc.; les réseaux irlandais et écossais ont reçu des augmentations analogues. Six kilomètres de tubes pneumatiques ont été ajoutés au réseau de Londres. Le matériel s'est augmenté de 40 wheatstone du type le plus récent et capable de transmettre au moins 300 mots par minute; 8 sounders quadruplex, 300 du-

plex et 350 à simple courant; 150 aiguilles et 10 répétiteurs; ceci en addition du système duplex, lequel fonctionnera sur 100 circuits.

(*L'Électricien.*)

Un étalon de volt.

Par M. Gaiffe.

Lorsque j'étudiai, en 1872, les propriétés des solutions de chlorure de zinc, comme liquides excitateurs de la pile au chlorure d'argent, j'avais remarqué que leur densité influait sur la force électromotrice des couples et que, chose assez inattendue, les liqueurs les plus concentrées donnaient les couples les plus faibles.

Je m'étais arrêté à la liqueur contenant 5 p. 100 de chlorure de zinc; elle est suffisamment conductrice et donne $E = 1^{volt},02$ (B A) ou $1^{volt},01$ (C G S).

Des expériences un peu hâtivement faites à cette époque, en vue de créer un volt étalon, n'ayant pas donné des résultats très constants, avaient été abandonnés momentanément.

J'ai reconnu depuis que les perturbations étaient causées par l'emploi de produits impurs, et aussi par des variations de température dont je ne tenais pas compte et dont l'influence très légère vers 18°, va s'accentuant de plus en plus à mesure qu'on approche du zéro de l'échelle centigrade. A cette dernière température, E ne vaut plus que $0^{volt},98$ environ.

En opérant avec du zinc bien amalgamé, du chlorure d'argent fondu pur, des solutions limpides de chlorure de zinc pur, aussi neutres que possible et à la température de 18°, la même solution donne toujours la même force électromotrice.

C'est la liqueur pesant 107 au densimètre qui semble donner le volt légal.

Avec le couple au chlorure d'argent, on doit, lorsqu'on veut faire des déterminations exactes, expérimenter sur des résistances considérables, 5,000 ohms au moins : 1° à cause de la

polarisation; 2° à cause de l'échauffement des lames constituant le couple, qui résulte du courant même.

(*Comptes rendus.*)

Les progrès de l'éclairage par incandescence en Amérique.

Il y a actuellement près de 176.000 lampes Edison en fonction, dont 494 installations privées, comptant ensemble 125.000 lampes et 51.400 lampes alimentées par des stations centrales distribuées dans 24 villes.

Installations privées.

	Installations.	Lampes.
Maisons d'éducation, refuges et hopitaux......	26	7.173
Hôtels, appartements et clubs...........	23	11.035
Théâtres et spectacles................	20	14.033
Banques, bureaux, etc................	73	23.757
Journaux et imprimeries...............	30	6.521
Raffineries de sucre.................	11	4.864
Moulins et élévateurs à pain............	26	1.934
Coton, laine et tissages..............	81	25.898
Pâte à papier et papeteries.............	30	3.318
Raffineries de pétrole, distilleries, produits chimiques, conserves................	29	3.392
Industries diverses..................	39	5.088
Ateliers de construction de machines........	40	7.828
Fabriques de pianos et ateliers de travail du bois.	15	2.360
Bateaux à vapeur, yachts, etc............	51	8.092
Total....................	494	125.293

Parmi les stations centrales, la plus importante est celle de New-York, qui alimente 13.000 lampes; celle de Harrisburg (Pa.) en a 5.000; celle de Lawrence (Mass.) en compte 4.500. La plus petite est celle de Middletown (Ohio), qui n'en a que 700.

Si l'on tient compte de ce que ces chiffres se rapportent à un seul système, on voit quel immense développement prend l'éclairage électrique en Amérique.

(*L'Électricien.*)



Le galvanomètre des tangentes de l'Université de Cornell.

M. W.-A. Anthony, Ph. B., professeur de physique à l'Université de Cornell, vient de faire construire un galvanomètre qui peut être regardé aujourd'hui comme le plus grand galvanomètre du monde, et est destiné à l'étalonnage direct des appareils de mesure industriels employés pour l'éclairage électrique, les transmissions électriques, etc. Voici quelques détails qui nous sont fournis au sujet de ce gigantesque appareil par le *Scientific American.*

La mesure des courants intenses s'effectue par quatre circuits circulaires : deux de ces circuits ont 2 mètres de diamètre; les deux autres $1^m,6$. Ils sont montés, comme l'indique Helmholtz, dans des plans dont la distance au centre de l'aiguille est égale au rayon des cadres. Les circuits sont formés de barres de cuivre de 19 millimètres de diamètre. L'aiguille est suspendue par un fil de soie et se déplace dans une masse de cuivre, qui amortit ses oscillations et permet des lectures rapides. Une disposition spéciale de miroirs et de lunette permet de lire directement les déviations en arcs de cercle, sur un cercle de $1^m,25$ de diamètre, avec une approximation d'un quart de minute. Les conducteurs en cuivre sont montés sur des anneaux en bronze parfaitement tournés et ajustés, dont les dimensions sont connues à 1/5000 près. La mesure des courants de plus faible intensité s'effectue avec deux cadres de $1^m,5$ de diamètre, portant chacun deux conducteurs et faisant ensemble 72 tours.

L'exactitude des indications de cet instrument dépend naturellement de celle avec laquelle on connaît la valeur de la composante horizontale du magnétisme terrestre au point où se trouve l'aiguille. Pour déterminer cette valeur avec exactitude, on fait usage d'une bobine de 1 mètre de diamètre portant 100 tours de fils. Cette bobine est suspendue, de façon que son centre coïncide avec le centre de l'aiguille, à un fil de bronze phosphoreux fixé sur une vis de torsion permettant de lire les arcs de torsion de 10 en 10 secondes. On peut, à l'aide de cette bobine, déterminer la valeur de H à chaque

instant par une méthode proposée par sir William Thomson.

Tout l'instrument est abrité par une construction entièrement en cuivre, et l'on en a éliminé le fer avec le plus grand soin. Plusieurs fils conducteurs réunissent le bâtiment du galvanomètre avec la machine dynamo et les autres salles du laboratoire, qui en sont éloignées de 200 mètres; une série de commutateurs permet d'envoyer le courant dans les différentes bobines du galvanomètre, en faisant varier le couplage, le nombre des bobines actives et le sens du courant dans chacune d'elles. On peut ainsi mesurer des courants dont l'intensité varie de 1 milliampère à 250 ampères.

(*L'Électricien.*)

Un nouvel arbre à gutta-percha.

Par M. E. Heckel.

M. Joseph Hooker, directeur du Jardin royal de Kew, disait dans son *Kew Report* (1881, p. 38) que la production de la gutta-percha se trouvait menacée par la disparition imminente des *Isonandra gutta* Hooker. Depuis cette époque, la situation s'est aggravée encore par l'incapacité et l'imprévoyance incurables des natifs qui se livrent à l'exploitation de ce précieux végétal, si bien qu'aujourd'hui les colons tropicaux, sollicités par un grand danger industriel, s'étant préoccupés de créer des cultures d'*isonandra*, n'ont pu trouver la somme de graines nécessaires à l'établissement de ces plantations nouvelles.

Dans ces conditions, vu l'impossibilité de livrer, dans le présent, à l'industrie un produit qui lui fait défaut depuis longtemps et qui est devenu d'une nécessité absolue; en raison du doute qui plane sur la possibilité de cultiver l'*isonandra* (*), enfin, à cause de l'infériorité de tous les autres produits similaires déjà connus fournis par des sapotées asiatiques

(*) Et en tout cas de mettre en exploitation à brève échéance ces cultures, le végétal ayant une croissance très lente.

ou américaines (*Mimusopiselata*, *Lucuma gigantea*, *L. fissilis*, *L. laxocarpa*, *L. lorifolia*, *L. procera*, *chrysophyllum ramiflorum*, *Mimusops balata*), il m'a paru qu'il était utile de rechercher, dans la même famille connue pour la richesse de ses latifères, s'il ne se trouverait pas, parmi ses nombreux et ubiquistes représentants, une espèce répandue avec une abondance et une condensation suffisantes pour en permettre l'exploitation, et capable de fournir un produit rapproché de la gutta-percha.

J'ai trouvé ce végétal dans le *Butyrospermum Parkii* Kotschy, qui, répandu sur toute la zone équatoriale africaine, y occupe l'espace compris, en latitude, entre le haut Sénégal et le Nil, et se trouve aggloméré en véritables forêts exploitables sur l'immense parcours du Niger et dans la région du Nil (*Niams-Niams*, *Bongos*, *Diours*, etc.). Cet arbre, objet de l'affection superstitieuse des indigènes, sous le nom de *Karite* ou de *Karée*, est connu surtout dans les terrains argilo-siliceux, ferrugineux et rocailleux du pays des Bambarras, du Bouré, du Fouta-Djalon, etc., où les Africains l'exploitent pour ses graines, qui donnent un corps gras peu apprécié des palais européens, mais recherché par les nègres sous la dénomination de *Beurre de Galam* ou mieux de *Karite*. Il croît avec une certaine rapidité dans les terrains qui lui sont favorables; il pourrait être exploité dès l'âge de quatre ans avec grand avantage. Sa tige et ses rameaux forts sont pourvus de quatre ou cinq zones circulaires de vaisseaux latifères, disséminés dans un parenchyme cortical sous-tubéreux. Ces vaisseaux y sont protégés par des formations secondaires en îlots circulaires composés de bois rayonnant et de liber. Ces productions ligneuses seules pourraient porter quelque obstacle à l'atteinte des laticifères par l'instrument vulnérant. Mais il serait aisé de les sectionner pour arriver à la zone du latex (*), car leur développement n'est jamais très considérable.

Le latex qui s'écoule de ces tiges et rameaux par incision, après avoir été solidifié par évaporation de l'eau, a toutes les apparences et les propriétés de la gutta-percha. Je ferai con-

(*) On trouve encore quelques vaisseaux laticifères, mais alors plus développés, dans la moelle.

naître, dans une communication ultérieure, les propriétés physiques et la composition chimique de ce produit, comparée à celle du latex d'*isonandra*. En attendant, sur cette simple observation, j'ai cru devoir répandre le végétal dans toutes nos colonies tropicales, en adressant des graines en bon état aux divers jardins botaniques de la Réunion, Saïgon, la Martinique, etc., même Maurice, et j'ai lieu d'espérer que l'Angleterre, à qui j'ai offert des graines, voudra bien imiter cette tentative d'introduction dans ses vastes possessions tropicales.

Il appartient aux botanistes et aux chimistes anglais de nous faire connaître ou de nous mettre en état de connaître si les divers *Bassia indiens* qui donnent l'*Illipé* fournissent, comme on est conduit à le supposer par analogie, des produits de laticifères comparables à ceux du *Bassia Parkii*. La solution de ce problème présente en ce moment une opportunité qui n'échappera pas aux savants de cette nation si industrielle.

(*Comptes rendus*, 11 mai 1885.)

Grue électrique de M. J. Farcot, à St-Ouen.

M. H. Fontaine fournit dans la *Revue industrielle* les renseignements suivants sur une grue modifiée récemment par la Compagnie électrique dans les établissements de M. Joseph Farcot, à Saint-Ouen :

Cette grue consacrée au service de l'ébarbage était, avant sa transformation, mue à bras, et exigeait généralement dix hommes lorsqu'il fallait manœuvrer de lourdes pièces, ce qui, d'ailleurs, se présentait chaque jour plusieurs fois. Ces dix hommes ne parvenaient même pas à assurer régulièrement le service, de sorte que l'espace desservi par la grue était presque toujours très encombré. Depuis l'adjonction des machines Gramme, le changement est radical : un seul homme suffit à assurer le service, la vitesse d'ascension est plus que doublée, et l'emplacement, largement dégagé, permet d'opérer avec plus de sécurité et plus de méthode.

Une machine Gramme de 4 chevaux est fixée sur les deux



moises inférieures de la grue, et un rhéostat, correspondant à une résistance de 50 ohms, est placé directement au-dessus de la machine Gramme. Les mouvements primitifs n'ont pas été supprimés : au contraire; la Compagnie électrique a établi un débrayage qui permet de passer instantanément de la manœuvre électrique à la manœuvre à bras, pour le cas où la machine à vapeur qui actionne la machine Gramme génératrice viendrait à ne pas fonctionner. Un frein Mégy, placé sur l'arbre à manivelles, limite la vitesse de descente et donne une sécurité absolue au service.

Un commutateur sert à la mise en marche, à l'arrêt et au réglage de la vitesse; à cet effet, il possède une série de touches pour l'introduction, dans le circuit, d'une résistance plus ou moins grande. Les pignons, qui actionnent deux roues d'engrenage de diamètres différents, donnent la possibilité de marcher à grande ou petite vitesse, suivant l'importance du poids à soulever.

La machine Gramme génératrice du courant est placée dans une des salles des machines à vapeur, à 90 mètres environ de la grue. Elle est animée d'une vitesse de 1.550 tours par minute et débite un courant de 13 ampères, avec 350 volts de différence de potentiel aux bornes. Le conducteur qui relie les deux dynamos est composé de 7 fils de cuivre, de 1,2 millimètre de diamètre, garnis d'une enveloppe isolante. La machine Gramme réceptrice fait 1.000 tours par minute. Une série d'engrenages permet de passer de cette vitesse à celle de 2ᵗ,5 pour les manœuvres rapides, et à celle de 0ᵗ,9 pour les manœuvres lentes, au tambour du treuil.

Ainsi la transformation n'a nécessité que deux machines Gramme, un rhéostat de 50 ohms, un conducteur double de 90 mètres, un frein Mégy et quelques accessoires de peu d'importance. Dans le cas actuel, où il s'agit d'une grue de 20 tonnes, la dépense totale n'a pas dépassé 6.500 francs, et la production possible de travail par cette grue a été plus que doublée.

M. Joseph Farcot avait tracé un programme complet à la Compagnie électrique, pour la transformation de sa grue de l'ébarbage.

Ce programme peut se résumer ainsi :

1° La grue devra pouvoir lever 6 tonnes à 1 mètre de vitesse par minute, et 20 tonnes à $0^m,25$ de vitesse par minute;

2° La vitesse de descente ne dépassera pas $1^m,20$ par minute pour 6 tonnes, et $0^m,30$ pour 20 tonnes;

3° Possibilité de revenir instantanément du fonctionnement électrique au fonctionnement à bras;

4° Agencement d'un appareil de sûreté empêchant toute accélération dans la descente;

5° Commande du mouvement rayonnant par l'électricité.

Après trois mois d'usage journalier, on a procédé à la réception définitive de la grue transformée, et on a constaté les résultats que voici :

La machine Gramme réceptrice peut développer un travail de 330 kilogrammes, soit $4^{ch},4$. Le rendement entre l'arbre de la machine Gramme génératrice et l'arbre de la réceptrice est de 65 p. 100. Le rendement propre de la grue entre l'arbre de la réceptrice et le crochet est de 38 p. 100.

A la grande vitesse, on peut lever 6 tonnes à raison de $1^m,25$ par minute. A la petite vitesse, on lève une charge de 20 tonnes à raison de $0^m,35$ par minute.

Le problème posé a donc été entièrement résolu.

Il est un détail essentiel sur lequel nous désirons, pour terminer, attirer l'attention. Il s'agit d'un commutateur inverseur mis en pratique pour la première fois dans le but de changer le sens du mouvement de la machine Gramme réceptrice, suivant qu'il faut élever ou descendre la charge. C'est une modification industrielle de l'appareil de Bourseul, bien connu en télégraphie; seulement, au lieu de deux fiches qui réunissent métalliquement tantôt deux segments, tantôt les deux autres, on fait les communications au moyen de deux touches isolées l'une de l'autre et fixées sur une traverse oscillante. Une seule manœuvre permet de changer le sens du courant dans la bobine, sans le changer dans les électro-aimants : il s'opère donc un changement dans la marche sans qu'il soit nécessaire de faire faire aux balais une évolution complète, c'est-à-dire de mettre chacun d'eux à la place qu'occupe l'autre. Cependant, si les balais restaient fixes, ils ne seraient plus dans la meilleure position d'équilibre, et il se produirait de nombreuses étincelles. Le nouveau perfectionnement

apporté par M. Nysten au changement de marche imaginé par M. Gramme est d'opérer, en une seule manœuvre, le changement de sens du courant dans la bobine et le déplacement rationnel des balais. L'appareil est simple, et il fonctionne très bien.

Une dernière remarque mérite d'être présentée. La grue de M. Farcot, manœuvrée à bras d'hommes, nécessitait, quotidiennement, une dépense qu'on peut estimer à 30 francs en moyenne; avec l'électricité, cette dépense est réduite de plus des trois quarts.

Sur l'aimantation produite par les décharges des condensateurs.

Par M. Ch. Claverie.

On sait, depuis les expériences de Savary, que si l'on fait passer une décharge d'un condensateur dans le voisinage d'une aiguille d'acier, cette aiguille se trouve aimantée tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, avec une intensité variable, dépendant de circonstances multiples.

Les explications proposées par Savary, puis plus tard par Verdet, des anomalies observées, reposent sur l'hypothèse que chacune des aiguilles d'acier est aimantée par la décharge dans le même sens dans toute son épaisseur. Il semble bien qu'avec des aiguilles du diamètre de celles qu'employait Savary (1/4 de millimètre) il dût en être ainsi. Le plus souvent il n'en est rien.

Si l'on fait passer la décharge d'une batterie dans le voisinage d'une aiguille d'acier trempée raide, et si l'on use progressivement cette aiguille dans l'acide chlorhydrique, en déterminant à des intervalles de temps égaux, toutes les dix minutes, par exemple, le moment magnétique, on constate en général, dans la profondeur de l'acier, des aimantations alternativement de sens contraires et qui ont pénétré à des profondeurs différentes.

Mes expériences ont été faites avec une batterie de 12 jar-

res, d'une capacité de 1/100 de microfarad environ. Les aiguilles d'acier étaient placées suivant l'axe et au centre d'une spirale magnétisante de 300 millimètres de longueur et 13 millimètres de diamètre; cette spirale était faite d'un fil de cuivre bien isolé, de 1/2 millimètre de diamètre, et avait un pas de 10/9 de millimètre. Le champ produit par un courant d'intensité 1 a au milieu de cette spirale une intensité de $9\pi \times 1,998$ et, à $0^m,05$ de part et d'autre du milieu, cette intensité est encore $9\pi \times 1,9975$. Nous pouvons donc admettre qu'une aiguille de 15 millimètres de longueur, placée au milieu de cette spirale, a tous ses points dans un champ uniforme. La différence de potentiel entre les deux armatures de la batterie était réglée par la distance des deux boules d'un excitateur à vis micrométrique.

Quelle que soit cette distance, si toutes les communications sont métalliques, on obtient, dans une aiguille d'acier trempée raide et pouvant se briser comme du verre, les aimantations superposées dont j'ai parlé. Je citerai l'exemple suivant : la distance explosive étant de 10 millimètres, et l'aiguille ayant 15 millimètres de longueur et 1/2 millimètre de diamètre, j'ai eu, après des érosions successives de dix minutes chacune par l'acide chlorhydrique, les moments magnétiques suivants, rapportés à une unité arbitraire :

+20,5 +14,5 +5 —5 —11 —15 —18,5 —18 —13,5 —16
—13 —9 —6 —3,5 —2 +5 +7 +8 +10,5 +12 +11,5
+11 +8,5 +6,5 +6 +3 +2 +1 —0,5 —0,5 +0,5

le signe + indiquant l'aimantation conforme à la loi d'Ampère.

On sait, d'autre part, depuis les expériences de Faddersen sur la décharge des condensateurs, que, pour une résistance suffisamment faible du circuit, la décharge oscille d'une armature à l'autre avec une intensité graduellement décroissante et qu'il en est ainsi quand on détermine la décharge à travers un circuit métallique. Si l'on fait croître progressivement la résistance à l'aide de colonnes liquides interposées, à un certain moment la décharge, d'oscillante qu'elle était, devient continue.

Or, si l'on fait passer une décharge continue dans le voisinage d'une aiguille d'acier trempée raide, non seulement on

n'observe jamais de renversement dans le sens de l'aimantation, qui est toujours conforme à la loi d'Ampère, mais encore, dans toutes les parties de l'aiguille où l'aimantation a pénétré, elle a le même sens.

En interposant dans le circuit de la batterie une colonne de sulfate de cuivre de 112 millimètres de long et 3 millimètres de diamètre, et plaçant dans la spirale une aiguille de $0^{mm},25$ de diamètre, il suffit d'une distance explosive de 8 millimètres pour aimanter l'aiguille jusqu'à l'axe, comme on peut s'en assurer par des érosions successives par l'acide chlorhydrique. Des décharges plus fortes, correspondant par exemple à des distances explosives de 10 millimètres et 12 millimètres, donnent le même moment et la même aimantation dans toute la profondeur. Des décharges correspondant à des distances explosives moindres donnent des moments plus faibles, et l'aimantation est moins profonde.

S'il est vrai que l'aimantation pénètre à des profondeurs d'autant plus grandes que la décharge est plus intense, en faisant passer successivement deux décharges de sens contraire, la seconde étant la plus forte, cette dernière devra produire la même aimantation que si la première n'avait pas existé : c'est ce que l'expérience a vérifié. Mais, si la seconde décharge est la plus faible et ne pénètre pas jusqu'à l'axe, elle pourra donner un moment résultant nul ou négatif; en usant l'aiguille dans l'acide chlorhydrique, on trouvera, dans les couches superficielles, l'aimantation produite par la seconde décharge; dans les couches plus profondes, l'aimantation produite par la première. C'est encore ce que l'expérience a vérifié. Si l'on soumet une même aiguille à l'action de décharges progressivement décroissantes et alternativement de sens contraire, la première aimantant seule jusqu'à l'axe, on retrouve, en usant l'aiguille dans l'acide chlorhydrique, successivement toutes les aimantations correspondant aux différentes décharges.

Je crois avoir démontré, par ce qui précède, que les courants de très courte durée, produits par les décharges des condensateurs, aimantent l'acier comme les autres, conformément à la loi d'Ampère. Toutes les fois que la décharge est continue, le pôle austral est à la gauche du courant. Dans le

cas des décharges oscillantes, l'aiguille reçoit, à des profondeurs progressivement décroissantes, des aimantations alternativement de sens contraires, les premières pouvant pénétrer jusqu'à l'axe et alors se détruire complètement. L'aimantation résultante peut être, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, d'après le sens de la dernière des aimantations qui ont pénétré jusqu'au cœur et celui des aimantations superficielles. Le sens de l'aimantation résultante dépend évidemment, en grande partie, de celui des couches superficielles dont la section, pour une même épaisseur, est beaucoup plus grande que celles des couches profondes.

Ainsi se trouvent expliquées les anomalies observées par Savary (*).

(*Comptes rendus.*)

BIBLIOGRAPHIE.

Leçons élémentaires de télégraphie électrique, par MM. Michaut et Gillet, commis principaux des télégraphes. (Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1885.)

MM. Michaut et Gillet viennent de faire paraître un traité élémentaire de télégraphie électrique qui sera d'une grande utilité pour les praticiens et surtout pour les débutants. A la suite d'un chapitre préliminaire consacré à la manipulation Morse, qu'on peut considérer comme indépendante de la transmission des signaux par l'électricité, les auteurs rappellent, dans un langage simple, à la portée de tout le monde, les notions scientifiques de physique et de chimie que doivent posséder ceux qui se vouent à l'étude de la télégraphie. Puis ils passent à la description des instruments et appareils em-

(*) Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. Jamin, à la Sorbonne.

ployés dans les bureaux ordinaires : galvanomètres, commutateurs, parleurs, récepteurs Morse, et terminent par deux chapitres consacrés aux recherches des dérangements et à la construction des lignes.

Le but que se sont proposé MM. Michaut et Gillet, de faciliter l'intelligence et l'usage de l'appareil Morse, et de permettre aux jeunes employés de remédier à tous les accidents secondaires qui peuvent se présenter dans la pratique, nous paraît complètement atteint et nous souhaitons vivement à leurs *Leçons élémentaires d'électricité* le succès qu'elles méritent.

Nécrologie.

M. Lair (César)

Inspecteur général honoraire des lignes télégraphiques.

Nous avons appris avec le plus profond chagrin la mort de M. Lair (César), inspecteur général honoraire des lignes télégraphiques, l'une des personnalités les plus marquantes de l'ancienne télégraphie française. M. Brisson, chef actuel du service technique des télégraphes en Algérie, a retracé dans le discours suivant, prononcé sur sa tombe, les principales phases de sa vie si admirablement remplie :

« Messieurs, personne ne contestera que M. Lair que nous pleurons aujourd'hui, ait été la première, la plus honorable personnification de la télégraphie algérienne.

« De tous les fonctionnaires qui se sont succédé à cette direction, M. Lair fut certainement celui qui a rendu au pays le plus de services et les services les plus importants; cet administrateur habile a créé de toutes pièces, en effet, une orga-

nisation que ses successeurs n'ont eu qu'à développer et à modifier.

« Aussi, n'ai-je point à m'excuser de vous retenir quelques instants au bord de cette tombe, car aucun de vous ne m'aurait pardonné si je n'avais essayé de vaincre mon émotion pour exprimer les sentiments et les regrets dont vous êtes tous pénétrés.

« Quant à moi, messieurs, ma reconnaissance pour M. Lair n'a d'égale que mon affliction, et si je ne craignais de vous entretenir de ma personne, je vous dirais avec quelle bienveillance, avec quels paternels conseils il guida mes premiers pas dans la carrière, lorsqu'il y a 35 ans je vins, avec bien d'autres collaborateurs, lui apporter le faible concours de mon inexpérience et de ma bonne volonté.

« Son inépuisable bonté nous a rendu, à tous, notre tâche plus facile; son désintéressement, sa droiture et son impartialité savaient toujours changer en dévouement la subordination administrative.

« Qui pourrait, aujourd'hui, rappeler avec détail, toutes les circonstances difficiles que notre chef regretté a eu à traverser de 1844 à 1855, pendant cette période active où il a constitué et développé le réseau du télégraphe aérien, en l'étendant même aux territoires de tribus dont la récente soumission n'était souvent rien moins qu'assurée, alors que suivant de près la marche de nos valeureuses colonnes, il partageait les fatigues du soldat et souvent aussi les dangers qu'il courait.

« L'estime et même l'amitié d'un bon nombre de nos illustres généraux d'Afrique furent le prix de cette noble conduite. Ne sommes-nous pas en droit de dire ici que M. Lair a représenté brillamment la télégraphie militaire à une date où ces mots n'avaient point encore été associés, et ne devons-nous pas lui rendre cette justice, qu'il a improvisé une organisation dont il fut le devancier et que depuis lors ont sanctionnée les guerres continentales.

« Un des premiers, il a eu cette bonne fortune de donner à l'occupation militaire d'un pays conquis le concours utile et presque indispensable du télégraphe.

« Cependant, le temps marchait, et avec lui la science. La

télégraphie électrique venait de naître. Le caractère de M. Lair trouva là une occasion de se faire voir sous un de ses côtés les plus saisissants, je veux parler de son amour ardent pour le progrès et de sa passion de tout améliorer autour de lui.

« Loin d'objecter l'insuffisance de sécurité, loin de défendre son œuvre pour laquelle on lui eût volontiers pardonné un légitime et paternel attachement, M. Lair, avec une ardeur juvénile que nous n'osions partager, rompait des lances pour faire substituer dans toute la colonie la transmission électrique à la correspondance visuelle et pour déclasser les télégraphes blockaus. C'est qu'aussi, messieurs, il aimait passionnément l'Algérie, et il voulait pour elle tous les bienfaits du progrès.

« Sa sagacité ne l'avait pas trompé, et les Indigènes contre lesquels il avait fallu fortifier les télégraphes aériens ne s'avisèrent pas de toucher aux fils suspendus au-dessus de leurs douars et de leurs pâturages. On ne me persuadera jamais que si M. Lair eût été remplacé à ce moment de transition, les choses se seraient passées d'une façon aussi heureuse. Les Arabes avaient appris à connaître et à aimer M. Lair, dont le nom était synonyme de loyauté et ils respectaient son œuvre.

« Né en 1808, M. Lair, sans doute par l'influence de son père, directeur à Strasbourg, était entré de très bonne heure dans l'administration — en 1822, à l'âge de 14 ans. — En 1844, il était directeur à Perpignan, lorsqu'il fut désigné pour l'Algérie. Ce pays exerça sur lui la fascination à laquelle peu d'entre nous ont échappé ou échapperont. Il ne quitta plus la colonie qu'après 18 ans, pour aller exercer à Paris la haute fonction d'inspecteur général qu'il conserva jusqu'à la retraite. M. Lair avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur puis officier de l'Ordre en 1857.

« Rendu aux loisirs de la vie privée, il se hâta de revenir sous les ombrages des coteaux riants de Mustapha, où il s'était préparé l'abri discret qui convenait à ses goûts modestes et simples.

« Le cœur et l'esprit étaient demeurés jeunes chez M. Lair en dépit des années, et la mort l'a surpris entre les distractions que lui offrait la musique et la part d'études que de tout

temps il consacra aux choses sérieuses. La mort l'a frappé, hélas ! alors qu'il était en pleine possession de lui-même.

« Dans la retraite, aucun témoignage d'estime ne lui a manqué de la part de ses concitoyens, et il fut choisi comme membre de la municipalité d'Alger.

« Voilà assez de titres, n'est-il pas vrai, messieurs, pour vous faire mesurer l'étendue de la perte que nous venons de faire.

« Unissons nos regrets à ceux de la famille de notre ami, à ceux de sa veuve désolée : inclinons-nous une dernière fois pour honorer celui qui fut en même temps un homme de bien, un patriote chevaleresque et un ami dévoué de l'Algérie.

« Adieu, Lair, adieu! Nous ne prononcerons jamais votre nom qu'avec regret, et jamais nous ne perdrons le souvenir de votre noble caractère et de vos grandes qualités — Adieu, reposez en paix au sein de cette belle terre d'Algérie que vous avez tant aimée ! »

Le Gérant : Dunod. — Imprimerie C. Marpon et E. Flammarion, 26, rue Racine

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1885 Novembre-Décembre

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ AUX CHEMINS DE FER.

L'électricité, qui a été un auxiliaire précieux pour les chemins de fer dès leur origine, est devenue aujourd'hui un élément indispensable de leur exploitation, par suite de l'augmentation considérable de la circulation et de la vitesse des trains. Pour la France seulement, sur un réseau de plus de 30.000 kilomètres, les distances parcourues chaque jour par les machines, atteignent presque le chiffre de 1 million de kilomètres. C'est en raison des immenses services rendus par la science électrique à la protection des voies ferrées, qu'il peut être intéressant de connaître ses principales applications aux chemins de fer, et les dispositions extrêmement ingénieuses et variées, grâce auxquelles elle concourt au développement de la circulation, de la vitesse et de la sécurité des trains.

(*) Extrait du cours professé à l'École supérieure de télégraphie, par M. F. Rodary, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des mines, sous-inspecteur du service télégraphiques aux chemins de fer P. L. M.

Laissant de côté les inventions qui n'offrent plus qu'un intérêt historique, ou bien, au contraire, n'ont point encore la sanction de l'expérience, nous n'étudierons ici que les appareils actuels et vraiment pratiques.

Pour mettre quelque méthode dans cet exposé, nous passerons en revue successivement : les appareils de lignes à *double voie*, de lignes à *voie unique*, les appareils servant à la protection de certains *points particuliers*, les appareils de *contrôle* et d'*enregistrement*, et de *correspondance*.

Nous commencerons toujours par les appareils employés sur les chemins de fer français, et, dans l'étude de chaque appareil, nous verrons successivement le *but* qu'il réalise, la *disposition* de son mécanisme, et sa *manœuvre*.

CHAPITRE I.

APPAREILS DE LIGNES A DOUBLE VOIE.

Les appareils de ce genre sont constitutifs de la méthode d'exploitation appelée *block-system*, dont nous allons exposer le principe en quelques mots.

Principe du block-system. — Dans le parcours des lignes à double voie, les trains circulant toujours dans le même sens sur chaque voie, ne peuvent se rencontrer de front, mais seulement se rattraper accidentellement. Pour éviter ce danger, on a commencé par les séparer par un intervalle de temps, 5, 10, 15 minutes, etc. Mais sur les lignes où la circulation est plus active, on supplée à cet intervalle de temps, ou bien on le remplace par un intervalle de distance, d'après la méthode suivante, ap-

pelée précisément *block-system*. La ligne est partagée en un certain nombre de sections ou tronçons de 2, 3, 4 kilomètres, etc., dans chacun desquels on ne laisse engager qu'un train à la fois; c'est comparable à des écluses successives n'admettant chacune qu'un seul bateau. Les sections sont fermées et les trains arrêtés, au moyen de signaux optiques s'adressant aux mécaniciens, et consistant généralement en un disque avancé pivotant sur un axe vertical, et en un sémaphore local, qui marque l'arrêt en se fixant horizontalement; il faut que l'agent qui a couvert avec ses signaux de voie, un train entrant dans une section, connaisse le moment de sortie dudit train, pour ouvrir cette même section au train suivant, et la manœuvre de ses signaux doit toujours être en correspondance parfaite avec les indications qu'il reçoit. L'indication et l'autorisation de ces manœuvres, tel est le rôle des appareils électriques dits de *block-system*, dont nous allons énumérer les principaux.

Les uns sont simplement *indicateurs*, comme les appareils Regnault, Tyer, Cooke, Clark, Marqfoy, Walker, Spagnoletti, Preece, etc. D'autres *solidarisent* les signaux de la voie avec les indications électriques, comme l'électrosémaphore Tesse, Lartigue et Prudhomme, l'appareil Spagnoletti; d'autres enfin réalisent la même solidarité, en y ajoutant une *dépendance* entre les sections d'amont et d'aval, de telle sorte qu'un poste intermédiaire II ne puisse rendre voie libre au poste précédent I, c'est-à-dire ouvrir la section d'amont, qu'après avoir fermé avec ses signaux la section d'aval, ceux-ci restant enclenchés à l'arrêt jusqu'à l'intervention du poste suivant III. Tel est le cas des appareils Regnault et Lar-

tigue complétés, de l'appareil du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée, des appareils Siemens, Sykes, Saxby et Farmer, Flamache, etc., apportant chacun quelque disposition nouvelle.

Appareils indicateurs.

Chemins de fer français.

Appareil Regnault. — Cet appareil, imaginé dès 1847 par M. Regnault, a été modifié, simplifié et enfin appliqué au chemin de fer de l'Ouest, sous la forme représentée *fig.* 1 et 2.

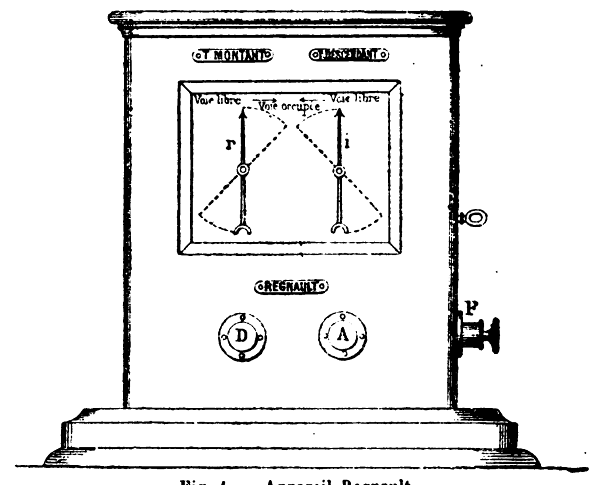


Fig. 1. — Appareil Regnault.

Il sert à annoncer d'un poste I au poste suivant II, l'entrée d'un train dans la section I-II, par l'inclinaison des aiguilles indicatrices correspondantes vers l'indication « voie occupée ». Le poste II ayant vu passer le train, ramène les deux aiguilles sur l'indication « voie libre ».

L'aiguille indicatrice *i* (*fig.* 2) est fixée sur l'axe d'un pignon *s*, manœuvré au moyen d'une crémaillère par un levier en fer doux *p*, participant au magnétisme de l'un des pôles d'un aimant coudé *af*, sur lequel il est monté à pivot. La partie verticale de cet aimant porte deux bobines X et X′, dont les âmes en fer doux sont ainsi

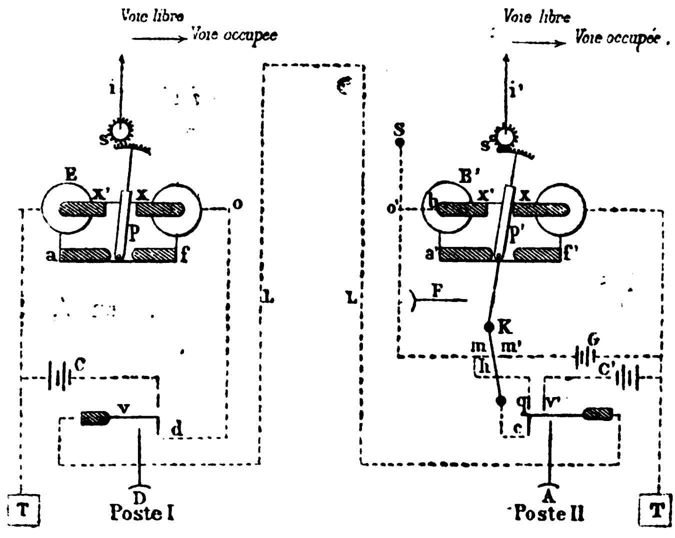


Fig. 2.

polarisées d'une façon permanente. Le levier aimanté *p* s'incline vers l'un ou l'autre des noyaux X ou X′, suivant la nature du courant qui les traverse. Les communications électriques étant disposées entre deux postes consécutifs, comme l'indique la figure 2, voyons ce qui va se produire au passage d'un train.

Le poste I appuyant sur le bouton D dit de départ, le courant de la pile C est pris par le ressort V, et parcourt le circuit VL puis au poste II, V′*chmo*′, en *o*′, il se bifurque et va d'une part actionner une sonnerie S,

d'autre part il pénètre dans les bobines de l'électro-aimant E′, où il fait incliner le levier p' vers la gauche. en amenant l'aiguille i' vers l'indication « voie occupée ». Dans ce mouvement, l'articulation K est venue au contact de m' prendre le courant de la pile G, lequel, revenant au poste I par le circuit cV′LVdo, pénètre dans l'électro-aimant E, où il incline également l'aiguille i sur l'indication « voie occupée ».

L'agent du poste I est sûr que l'agent de II a reçu son signal, puisque sa propre aiguille i s'est inclinée, sous l'influence d'un courant envoyé de II par le jeu de l'aiguille indicatrice de ce poste. Il ne peut plus du reste changer l'indication donnée.

Mais, lorsque le train dépasse le poste II, l'agent de ce poste redresse les deux aiguilles, en poussant son bouton A dit d'arrivée. Alors, un courant pris en C′, de sens différent de celui qui venait de C, se rend par le circuit V′LVdO, en I où il redresse l'aiguille i. Au poste II aussi, il a pénétré par le circuit V′qmo' dans l'électro-aimant E′, où il a pareillement redressé l'aiguille i'.

S'il devenait nécessaire de signaler du poste II au poste I que la voie est occupée, l'agent de II appuyerait sur le bouton F; le levier p', déplacé directement, ferait toucher le ressort h au contact m'; le courant de la pile G s'établirait, et produirait les mêmes effets que si un train était annoncé du poste I.

Pour les deux voies, l'appareil est double, et exige deux fils de ligne.

Dans ces conditions, l'agent qui expédie un train, appuie sur le bouton portant l'inscription *départ*, pour mettre les aiguilles sur *voie occupée*, et l'agent qui le reçoit presse le bouton portant l'inscription *arrivée*, pour replacer les aiguilles sur *voie libre*.

Appareil Tyer. — En 1852, M. Tyer prenait le brevet d'un appareil qui subit différentes transformations, et fut employé sur les chemins de fer anglais et les grandes lignes de la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. Il sert à indiquer qu'une section est libre ou occupée.

Le type adopté par la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée consiste essentiellement (*fig.* 3) en une aiguillle A de fer doux montée à pivot à l'extrémité du noyau d'un électro-aimant E, et susceptible, suivant le sens du courant envoyé dans la bobine, de s'incliner vers l'un ou l'autre pôle *a* ou *b* d'un aimant permanent en fer-à-cheval D, placé en dessous.

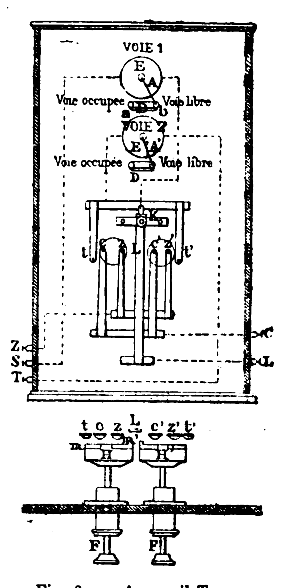


Fig. 3. — Appareil Tyer.

Le commutateur employé pour émettre ces courants de sens différent, consiste en deux boutons poussoirs F et F′ portant chacun une plaque d'ébonite H muni de deux surfaces métalliques *m* et *m′* isolées l'une de l'autre; celles-ci sont disposées respectivement en face de ressorts de contact qu'elles font communiquer deux à deux, à chaque pression sur le bouton. Par exemple, le bouton de droite F′ relie d'une part le pôle positif *c′* à la ligne L écartée du butoir K, et le pôle négatif *z′* à la terre *t′*, ce dernier par l'intermédiaire de la bobine inférieure de l'appareil; l'autre bouton relie *z* L et *c t*, toujours avec interposition de la bobine

inférieure. Le courant émis sur la ligne arrive dans l'appareil correspondant à la ligne L, de là par le butoir K à la bobine supérieure E, et enfin dans une sonnerie d'avertissement. Pour deux voies, l'appareil est double, mais n'exige qu'un seul fil de ligne.

Les aiguilles correspondantes, c'est-à-dire celle du bas au poste expéditeur, et celle du haut au poste récepteur étant sur « voie libre », l'agent qui fait passer un train, appuie sur le bouton de droite, et annonce ainsi le train au poste suivant au moyen de la sonnerie d'avertissement; son correspondant appuyant sur le bouton de gauche, fait venir les deux aiguilles sur « voie occupée », et enfin, le train étant passé devant lui, les remet sur l'indication « voie libre » au moyen du bouton de droite.

Les indications du *block-system* sont complétées sur les chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée, par des appareils de correspondance à sonnerie, système Jousselin, qui seront décrits plus loin.

L'appareil Tyer a subi différentes modifications, sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister particulièrement.

Avec les appareils Regnault et Tyer, il faut que les agents traduisent fidèlement, au moyen de leurs signaux de voie, les indications qui leur sont fournies.

Chemins de fer étrangers.

Appareil Preece. — Laissant de côté les autres appareils indicateurs n'ayant reçu que des applications restreintes ou nulles, et tendant du reste à disparaître, nous dirons quelques mots de l'un des types présenté par M. Preece, et adopté à son origine par le chemin

de fer métropolitain de Londres. Cet appareil (*fig.* 4) a cela de particulier, qu'il représente aux yeux des agents, les signaux qu'ils devraient reproduire par le sémaphore même, le transmetteur P ayant la forme d'un levier de manœuvre, et le récepteur S celle d'un sémaphore. Son principe est le même que celui de l'appareil Tyer.

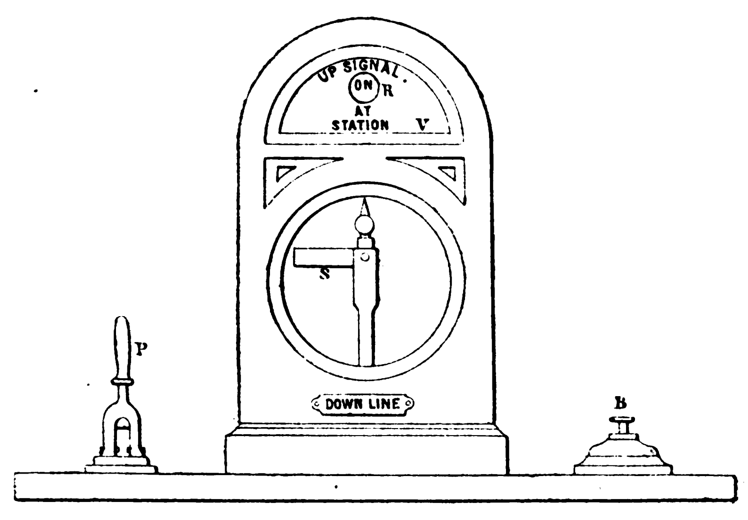


Fig. 4. — Appareil Preece.

Le transmetteur se compose d'un levier, simple inverseur P, permettant, suivant sa position, d'envoyer sur la ligne un courant soit positif, soit négatif, et d'un bouton B, susceptible de fermer le circuit de ligne sous une pression de main.

L'appareil récepteur se compose d'un petit bras sémaphorique S, d'un répétiteur à guichet R et d'un timbre (caché derrière la boîte).

Le bras sémaphorique est actionné par l'intermédiaire de tiges, entraînées elles-mêmes par une arma-

ture polarisée d'une façon permanente par le voisinage d'un aimant, et susceptible d'être attirée vers l'une ou l'autre bobine d'un électro-aimant, suivant le sens du courant qui les parcourt; c'est une disposition analogue à celle de l'appareil Regnault.

Le répétiteur est également manœuvré par une armature polarisée, se mouvant entre les noyaux de deux bobines.

Le timbre de la cloche est actionné par les mêmes bobines M_1 (*fig.* 5) que le signal répétiteur, au moyen

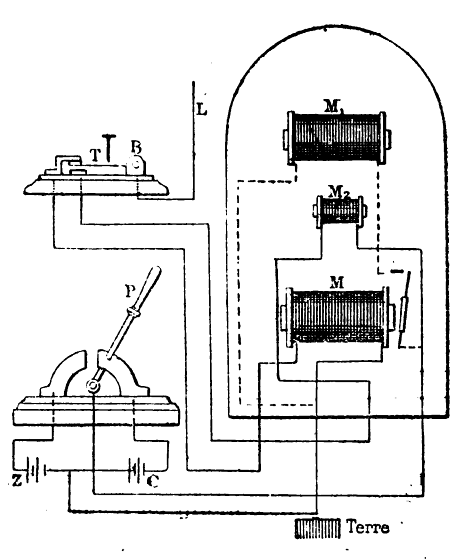


Fig. 5.

d'un courant positif ou négatif émis d'une pile locale C ou Z, par l'intermédiaire de l'inverseur P et des bobines M, celles-ci formant relais chaque fois qu'un courant de ligne leur arrive, et actionnant d'ailleurs le petit sémaphore.

Supposons maintenant que, tout étant à voie libre

entre les deux postes I et II, le poste I expédie un train à II, et considérons le schéma de la figure 5.

L'agent incline son levier P vers la droite et appuie deux fois sur le bouton B, ce qui envoie sur la ligne L un courant de sens tel, qu'au poste suivant il n'agit point sur le bras sémaphorique, mais place le répétiteur sur voie occupée et fait sonner deux fois le timbre, puisqu'il traverse les bobines M, et ferme le circuit local de la pile C sur M_1. A cet avis, l'agent du poste II, amène son levier vers la gauche et appuie un coup sur son bouton, ce qui renvoie en I dans les bobines M un courant de sens tel que le bras sémaphorique s'y met à l'arrêt, avec l'accompagnement d'un coup de timbre.

Lorsque le train a dépassé le poste II, l'agent ramène son levier sur la droite et envoie, au moyen de son bouton, un autre courant, qui fait tomber le petit sémaphore de son correspondant, et celui-ci inclinant aussi son levier vers la gauche, renvoie un courant qui remet sur voie libre le répétiteur de II.

Le bras sémaphorique, quoique libéré par l'électro-aimant M, peut cependant, avec une disposition accessoire et un autre électro-aimant M_2, rester horizontal, par l'adjonction d'un petit crochet qui pénètre dans une encoche ménagée sur l'axe de ce bras ; ce crochet est relevé seulement au moment où un train suivant est annoncé de I à II, au moyen du courant de la pile locale qui va à la ligne L en parcourant les bobines M_2, dont l'armature soulève le crochet. Le petit sémaphore tombe seulement à ce moment.

Cette disposition est usitée sur les lignes à sections habituellement fermées et qui ne s'ouvrent qu'à l'arrivée d'un train.

Un seul fil suffit pour les deux voies.

Appareils de block-system commandant les signaux optiques (*Sections indépendantes.*)

Chemins de fer français.

Électro-sémaphore Tesse, Lartigue et Prudhomme. — Le but réalisé par cet appareil est le suivant : une seule manœuvre du poste expéditeur I couvre le train par un bras sémaphorique, et l'annonce au poste suivant II par la levée d'une aile indicatrice. Puis, le train étant passé en II, une seule manœuvre de ce poste efface l'aile indicatrice et fait tomber à voie libre le sémaphore du poste I ; de petits voyants indicateurs contrôlent au poste transmetteur le bon fonctionnement des signaux de l'autre poste.

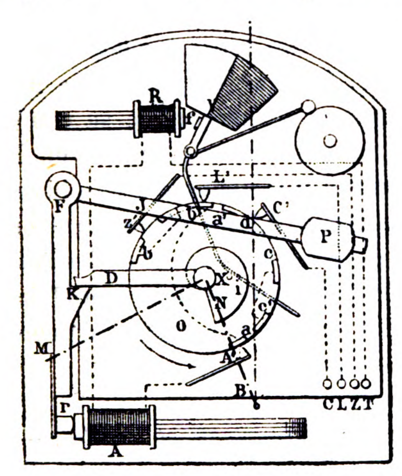
Cet électro-sémaphore est d'un usage général sur les chemins de fer du Nord, et employé également aux chemins de fer d'Orléans et de l'Est, et sur certaines lignes russes.

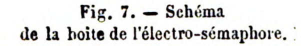
Voici comment sont obtenus ces résultats (*fig.* 6 et 7) :

Le mât sémaphorique S (*fig.* 6) d'un poste intermédiaire, porte quatre bras mobiles autour d'un axe et dûment équilibrés, les bras sémaphoriques supérieurs A et B tendant à tomber par leur propre poids, les ailes indicatrices inférieures *ab* tendant au contraire à rester horizontales. Chaque bras est manœuvré au moyen des tringles articulées TQ et *tq* qui sont reliées à la manivelle M de son appareil électrique, et actionnent le timbre K à chaque mouvement.

Chacun des appareils électriques renfermés dans une boîte en fonte (*fig.* 7) se compose essentiellement des organes suivants :

L'axe X de la manivelle motrice M, porte un doigt d'arrêt D, qui l'immobilise sur la buéte K, tant que le levier coudé rFJ à contrepoids P, n'est pas lâché par l'électro-aimant Hughes A. Sur l'axe X sont disposés en outre, un commutateur circulaire O susceptible de relier deux à deux les ressorts A′C′L′Z′, une came N qui peut relever le levier rFJ, et une fiche I ; cette dernière agit sur une tige prolongeant le




Fig. 7. — Schéma de la boite de l'électro-sémaphore.

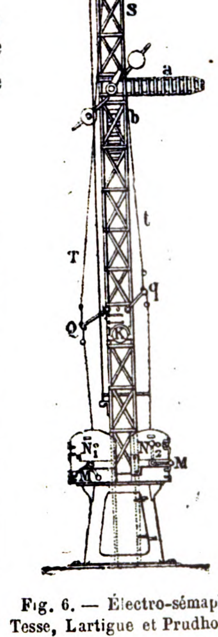


Fig. 6. — Électro-sémaphore Tesse, Lartigue et Prudhomme.

voyant V, et le rapplique à l'électro-aimant Hughes R symétrique de A, c'est-à-dire renforcé quand A est affaibli et réciproquement.

Dans la position de la *fig.* 7, le bras sémaphorique correspondant, par exemple, est à l'arrêt. Vienne un courant de ligne de sens convenable par L L'*a'a* A'A R T, l'armature *r* s'en va vers la gauche, l'axe X de la manivelle est libéré, et le bras sémaphorique tombe, à voie libre. Mais dans le mouvement de rotation de l'axe X, les contacts *cc'* ont relié momentanément C'L', et ont, par suite, renvoyé en sens contraire sur la ligne, un courant, qui a détaché de R le voyant V du poste suivant, sans affaiblir l'électro-aimant A.

Pour expédier un train, le poste I expéditeur agit sur sa manivelle M pour mettre son bras sémaphorique A à l'arrêt; dans ce mouvement, il envoie au poste II un courant qui laisse son aile indicatrice se disposer horizontalement par l'effet de son contrepoids, et reçoit de ce même poste un courant qui actionne son voyant répétiteur V. Lorsque le poste II a fait passer ledit train, il abaisse, au moyen de sa manivelle, son aile indicatrice, envoie par cela même en I, un courant qui laisse tomber le sémaphore à voie libre, et reçoit un courant de retour faisant disparaître son voyant indicateur. Des commutateurs et sonneries établis à l'intérieur des boîtes de fonte, et non reproduits sur le dessin, permettent de plus aux agents, de correspondre entre eux à coups de timbre.

Il faut un fil pour chaque voie.

Perfectionnement de MM. Heurteau et Guillot. — Pour remédier au cas d'un déclenchement intempestif de l'aile sémaphorique, MM. Heurteau et Guillot, du chemin de fer d'Orléans, ont ajouté à l'appareil un dispositif, consistant surtout dans une modification du commutateur, et l'adjonction d'une sonnerie d'avertissement. Par suite de cette disposition, tout déclen-

chement intempestif du bras sémaphorique s'annonce par une sonnerie continue au poste où ce signal est tombé, et quelques coups de timbre au poste correspondant ; en outre, en poussant un bouton spécial, chacun des agents peut s'assurer de la parfaite concordance ou de la discordance accidentelle dans la position des signaux correspondants, c'est-à-dire ailes sémaphorique et indicatrice, par le tintement ou le silence de sa sonnerie.

Chemins de fer étrangers.

Appareil Spagnoletti. — Cet appareil, sous la forme

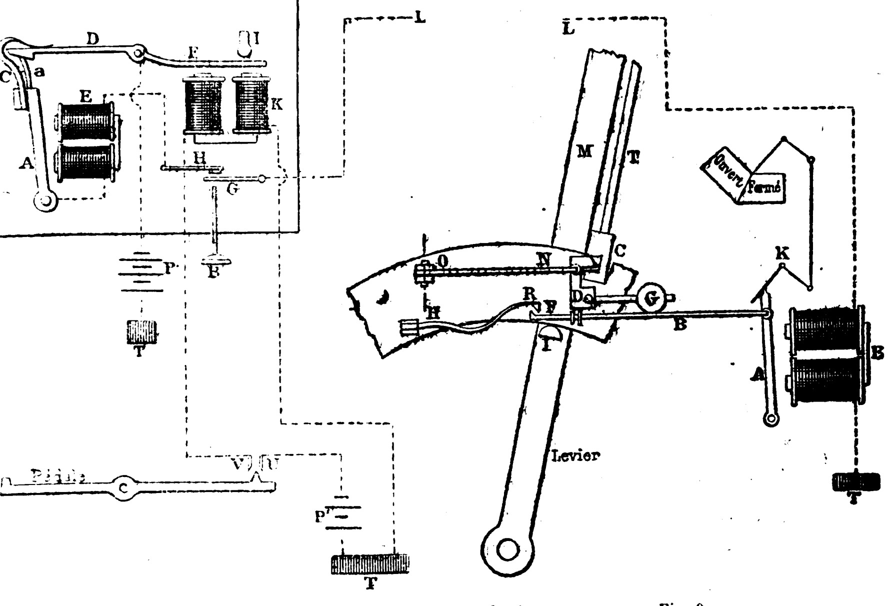


Fig. 8. Appareil Spagnoletti. Fig. 9.

présentée à l'Exposition d'électricité de 1881, réalise les conditions suivantes :

Le levier manœuvrant le sémaphore s'enclenche automatiquement à l'arrêt, lorsqu'il est mis dans cette position; il ne peut être libéré que par l'intervention du poste suivant, et encore, après que le train sortant de la section est passé sur une pédale.

Il a été employé sur quelques sections du Great Western Railway en Angleterre.

Dans l'état représenté (*fig.* 9), le levier M est immobilisé à l'arrêt par l'intermédiaire de la tige dont il est solidaire T, retenue dans l'encoche C par le crochet D à contrepoids G, et par un verrou faisant saillie en O à l'intérieur de la coulisse. Si à ce moment un courant est envoyé du poste suivant, l'électro-aimant E actionne l'armature A et la tige B, retire le crochet D, efface le verrou O par l'intermédiaire de la tige N et libère alors le levier M; la tête F venant s'appuyer sur l'extrémité du ressort HR maintiendra le levier en liberté, jusqu'à ce que ce levier ayant été rabattu sur la gauche ait relevé ce ressort R au moyen de la cheville *i*, ce qui abandonnera tout le système à l'action du contrepoids G et préparera l'enclenchement du levier M, lorsque celui-ci sera ramené vers la droite.

Pour que le courant de ligne arrive à l'appareil d'enclenchement, il suffit qu'au poste expéditeur, on ait appuyé sur le bouton B (*fig.* 8) du transmetteur. Car alors le courant de la pile P parcourra le circuit D, ressort C, armature A, électro-aimant E, ressorts HG et L. Mais aussitôt, l'armature A est attirée par l'électro-aimant E; son extrémité terminée en *a* par une substance isolante quitte le contact de C, se fixe sous le crochet de D, et coupe ainsi la communication ACD. Toute pression sur le bouton B restera désormais sans résultat, jusqu'à ce qu'un train ayant passé sur la

pédale et fermé le circuit P'K, l'électro-aimant K ait attiré le levier F et dégagé l'extrémité *a* pour rétablir le contact AC. Dans le cas où la pédale n'aurait pas bien fonctionné, une ouverture I permet l'introduction d'une clef qui, abaissant le levier F, produit le même effet.

En résumé, l'agent qui expédie un train n'a qu'à mettre à l'arrêt son levier qui se trouve enclenché automatiquement, et l'agent qui voit sortir de la voie ledit train, n'a, après le passage de celui-ci sur la pédale, qu'à appuyer sur le bouton B, pour rendre voie libre au poste précédent et libérer son sémaphore.

Appareil Radcliffe. — Cet appareil, pour lequel un brevet a été pris en 1882 se rapproche sensiblement du précédent. Nous ne lui connaissons pas d'application, aussi ne le décrirons-nous pas. Les deux derniers appareils tels qu'ils ont été décrits, tout en enclenchant les signaux, n'établissent aucune dépendance entre les deux sections qui se suivent, de sorte qu'un agent peut, par inadvertance, découvrir la section d'amont sans avoir préalablement couvert la section d'aval.

Il est à remarquer toutefois que, dans le cas de garage d'un train, il faut bien que la manœuvre de ce train soit couverte, sans qu'il soit annoncé au poste suivant, et sans que la section d'aval ait été préalablement bloquée; sans quoi on aurait annoncé et couvert un train qui n'arrive pas. Les dispositions que nous allons étudier sont complétées à des degrés divers sur ces différents points.

Appareils de block-system à sections dépendantes.

Chemins de fer français.

Modification de l'appareil Regnault. — M. Regnault a fait à son appareil indicateur certaines adjonctions, réalisant la solidarité entre les indications électriques et les signaux de la voie, et la dépendance partielle des sections, tout en maintenant la facilité des garages.

Avec ces nouvelles dispositions, un poste intermédiaire II qui fait passer un train : 1° ne peut l'annoncer au poste suivant III, qu'après avoir mis à l'arrêt son sémaphore, lequel alors, 2° est enclenché automatiquement ; 3° il ne peut rendre voie libre au poste précédent I, c'est-à-dire lui libérer son sémaphore, qu'après avoir mis à l'arrêt son disque avancé.

La première condition est réalisée par un enclenchement purement mécanique ; il consiste en un certain nombre de tiges et articulations faisant commander par le levier de manœuvre du sémaphore, un crochet ou verrou d'arrêt : celui-ci repose derrière la tête du bouton d'annonce, qu'il immobilise, tant que le signal est abaissé ; il le libère, dès que le sémaphore est à l'arrêt.

Le sémaphore mis à l'arrêt est maintenu dans cette position, par le pène d'un serrure électrique, qui reste fermé devant son levier de manœuvre, par l'effet d'un verrou engagé dans une encoche dudit pène. Ce verrou est retiré par l'attraction d'un électro-aimant sous l'influence d'un courant local, et ce courant ne passe

que lorsque l'aiguille indicatrice s'est redressée, c'est-à-dire lorsque le poste suivant a rendu voie libre.

La dernière condition est réalisée au moyen d'un relais, qui coupe la communication entre la pile locale et la ligne, tant qu'il n'est pas actionné par le courant venant du disque et servant, d'autre part, à contrôler la position de celui-ci par une sonnerie d'avertissement. Lorsque le disque est mis à l'arrêt, l'interruption disparaît au relais, et la poussée du bouton d'arrivée permet d'envoyer au poste précédent le courant qui libère son sémaphore.

Ainsi, avec l'adjonction du crochet commandé par le sémaphore, de la serrure électrique et du relais, l'agent d'un poste qui fait passer un train procède dans l'ordre suivant : il devra couvrir ce train avec son disque avancé, et pourra alors rendre voie libre au poste précédent ; il devra mettre son sémaphore à l'arrêt, et pourra alors annoncer le train au poste suivant.

Toutefois, il est à remarquer qu'il peut négliger la couverture par le sémaphore, et l'annonce du train ; si alors il efface son disque, la section d'amont est ouverte, sans couverture de la section d'aval ; cette disposition, commode pour le garage, présente toutefois certains dangers dans les postes en pleine voie non surveillés.

Modification de l'électro-sémaphore Tesse, Lartigue et Prudhomme. — MM. Mors, constructeurs des électro-sémaphores, ont ajouté aux commutateurs des contacts supplémentaires, et de plus disposé sur les axes des manivelles des doigts de butée ne permettant d'abaisser l'aile indicatrice, c'est-à-dire de rendre voie libre au poste d'amont, qu'après avoir mis à l'arrêt le sémaphore protégeant la section d'aval. En cas de

garage, un commutateur placé sous la main du chef de service seul, suspend momentanément cette dépendance.

Une autre solution, imaginée et appliquée par M. E. Sartiaux au chemin de fer du Nord, consiste dans l'adjonction entre les deux boites commandant l'une n° 1, le bras sémaphorique; l'autre n° 2, l'aile indicatrice, d'un mécanisme comprenant : un commutateur circulaire solidaire de la manivelle n° 1, un taquet d'arrêt maintenu ordinairement vertical par un électro-aimant Hughes, un doigt et une tige montés sur l'axe de la manivelle n° 2, et quelques accessoires moins importants.

Avec ces nouveaux enclenchements, lorsqu'un train passe à un poste intermédiaire II, l'agent ne peut, à ce moment, abaisser l'aile indicatrice, c'est-à-dire rendre voie libre au poste d'amont I, parce que le doigt solidaire de la manivelle n° 2 est maintenu par le taquet d'arrêt. Mais si, auparavant, il élève le bras sémaphorique protégeant la section II-III, la manivelle n° 1 qui le manœuvre, fait tourner le commutateur circulaire, et envoie dans l'électro-aimant Hughes un courant qui fait détacher le taquet attiré par un ressort antagoniste. A ce moment la manivelle n° 2, devenue libre, peut abaisser l'aile indicatrice, mais par ce mouvement même, rapplique, au moyen de la tige montée sur son axe, le levier du taquet d'arrêt à l'électro-aimant, et l'aile n° 2 ne pourra être effacée de nouveau, après annonce d'un autre train, qu'après la couverture de ce train entré dans la section II-III, préalablement libérée du train précédent.

Mais si le premier train se gare au poste II, un commutateur spécial permet d'envoyer dans l'électro-

aimant un courant qui fait lâcher le taquet, et, par suite, permet d'abaisser l'aile indicatrice, sans avoir relevé le bras sémaphorique, c'est-à-dire de rendre voie libre pour ce train, sans avoir couvert la section d'aval. Mais l'agent qui rend voie libre, établit de nouveau la dépendance entre la petite aile et le bras sémaphorique, en fixant le taquet à l'électro-aimant Hughes.

C'est une solution du block-system à sections dépendantes et garage, différente de celle que fournit la modification de M. Regnault, mais plus complète, et entièrement satisfaisante.

Appareil de block-system des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. — L'appareil que nous avons étudié aux chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, a cela de commun avec les deux systèmes précédents, que la mise à l'arrêt du sémaphore enclenche celui-ci dans cette position. Il se rapproche du programme réalisé par M. Regnault en ce qu'il ne permet de rendre voie libre qu'après la mise à l'arrêt du disque avancé, et de plus, comme le perfectionnement apporté par M. E. Sartiaux, il ne permet de rendre qu'une seule fois voie libre à chaque manœuvre de passage de train ; enfin la mise à l'arrêt du sémaphore produit l'annonce automatique du train au poste suivant.

Voici comment sont réalisées ces conditions :

1° Le levier manœuvrant le sémaphore est relié au moyen de bielles et renvois à la tige horizontale *gp* (*fig.* 10) ; et celle-ci est immobilisée par le verrou *i* reposant dans une encoche cachée par la platine *h*. Lorsqu'un courant de sens convenable parcourt l'électro-aimant J, celui-ci repousse

la palette de fer doux *k* polarisée d'une façon per-

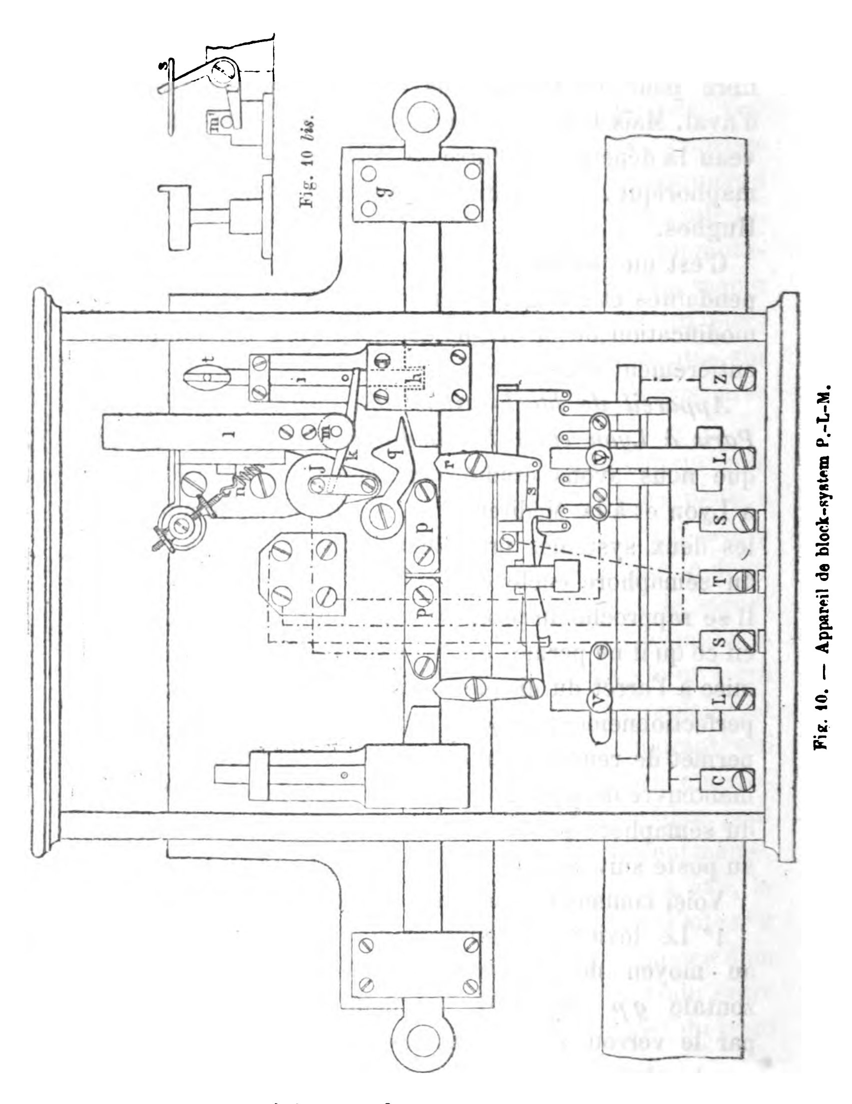


Fig. 10. — Appareil de block-system P.-L-M.

manente par l'aimant *l* en fer-à-cheval aux extré-

mités duquel elle pivote, et, le ressort antagoniste *n* aidant, l'autre extrémité de la palette relève le verrou *i*, et dégage la tige horizontale *gp*, laquelle permet alors la mise à voie libre du sémaphore. Mais dans son mouvement vers la droite, comme au retour vers la gauche, la tige *gp* relève, par la saillie *p* et la pièce mobile *q*, la palette *k*, et la fait adhérer au noyau de l'électro-aimant J, ce qui permet au verrou *i* de retomber dans l'encoche *h*, lorsque le sémaphore aura repris la position d'arrêt. Dans son retour vers la gauche, la tige *gp* tire sur un des boutons commutateurs grâce à la saillie *p*, au levier mobile *r*, à la bielle *s*, et à un renvoi placé sur un pont, à côté du bouton dit de correspondance (*fig.* 10 *bis*); ce bouton, de la nature des poussoirs de l'appareil Tyer, fait contact avec les ressorts correspondants, et envoie ainsi automatiquement au poste suivant un courant positif servant à annoncer le train au moyen d'une sonnerie.

Fig. 11

2° L'autre bouton, dit de remise à voie libre, est susceptible d'envoyer un courant négatif libérant le sémaphore du poste précédent. Il est normalement immobilisé par le verrou *b* (*fig.* 11), pénétrant dans l'encoche *e*; mais lorsque le disque avancé est mis à l'arrêt, le courant relié à la terre par le commutateur de ce disque traverse l'électro-aimant E, et celui-ci attire la palette *a*, laquelle fait descendre le verrou *b* et dégage le bouton. Mais la poussée du bouton fait pivoter la pièce *g* autour de son axe, et la fixe sous le crochet *f*, en relevant en même temps un second verrou *h* par l'intermédiaire d'un ressort à boudin. Lorsque le bouton revient en arrière, ce second verrou se fixe dans l'encoche *i*, et l'immobilise de nouveau, de façon qu'on ne peut plus le pousser. Il faut pour cela que, le disque ayant été effacé, la palette abandonnée, et la pièce *g* lâchée, le verrou *h* soit retombé, puis que, par une nouvelle mise à l'arrêt du disque, le petit verrou *b* se soit aussi abaissé derechef sous l'action de l'électro-aimant.

Des voyants indicateurs solidaires soit du verrou enclenchant le sémaphore, soit du second verrou enclenchant le bouton, marquent respectivement: voie libre ou voie occupée, et : j'ai rendu voie libre.

A ces appareils sont adjoints des indicateurs Jousselin, servant à échanger des signaux de convention. au moyen du bouton de correspondance, qui est toujours libre.

Un seul fil pour les deux voies suffit aux déclenchements et aux correspondances.

Avec cet appareil, lorsqu'un train passe à une gare intermédiaire II, l'agent de ce poste le couvre avec son disque avancé, et peut dès lors rendre voie libre,

au poste précédent I, mais une seule fois, puis il met son sémaphore à l'arrêt, et du même coup l'enclenche, et annonce le train au poste suivant III. En cas de garage, il suffit de ne pas mettre à l'arrêt le sémaphore, et d'effacer le disque une fois la manœuvre terminée, et la voie rendue au poste d'amont.

Dans les postes de pleine voie, où il n'y a pas de garage, l'adjonction sur le circuit du fil de disque, d'un interrupteur manœuvré par le levier du sémaphore, ne permet de rendre voie qu'après que celui-ci, comme le disque, a été mis à l'arrêt et ainsi dûment enclenché.

Chemins de fer étrangers.

Appareil Tyer modifié. — En 1879, M. Tyer a ajouté à son appareil déjà un peu modifié du type précédemment décrit, un petit mécanisme assurant la dépendance des sections, en solidarisant les signaux de ligne avec le bouton de remise à voie libre ; mais comme il n'est pas encore appliqué, nous le mentionnons seulement pour mémoire.

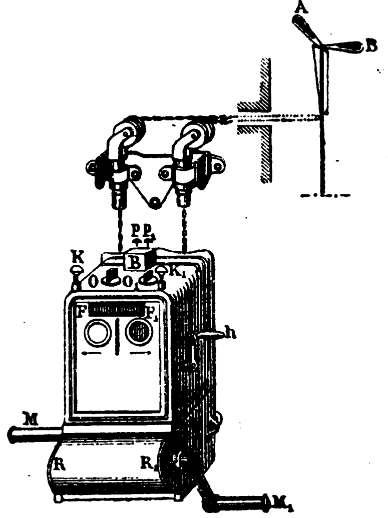


Fig. 12. — Appareil Siemens et Halske.

Appareil Siemens et Halske. — Il répond à ce programme, de ne permettre l'ouverture de la section d'amont qu'après le blocage de la section d'aval,

cela avec un seul fil pour les deux voies, et des courants d'induction produits par une machine magnéto-électrique.

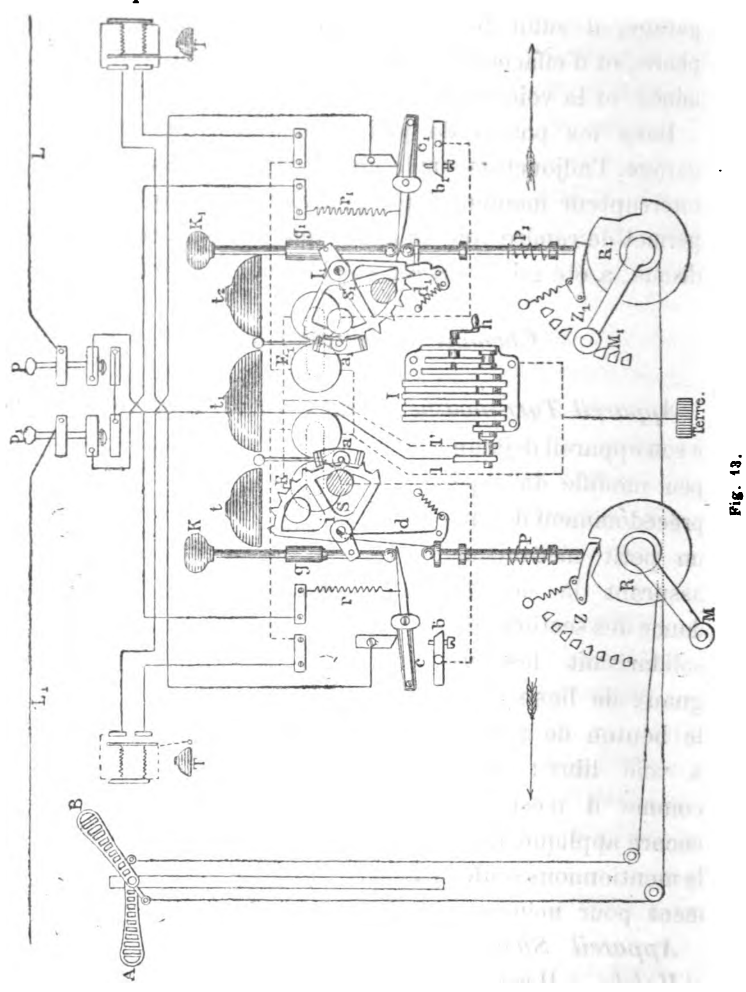


Fig. 13.

Il est très répandu en Allemagne et appliqué sur quelques points en Belgique.

Le mécanisme est renfermé dans une boîte en fonte (*fig.* 12) qui porte, à sa partie supérieure des boutons commutateurs PP_1, et des ouvertures OO_1, fermées par des bouchons, en avant, des guichets FF_1, sur le côté la manivelle *h* de l'inducteur, à sa partie inférieure des tambours RR_1, et des manivelles MM_1, commandant les sémaphores A et B au moyen de fils de transmission.

Sur la partie gauche de la *fig.* 13, on voit que le tambour R, et, par suite, le sémaphore sont immobilisés dans la position d'arrêt, au moyen du taquet Z, de la tige P, et de la pièce *d*, dont l'extrémité supérieure s'appuie sur la partie pleine d'un axe partiellement évidé *i*. Mais lorsque, sous l'influence de courants alternatifs, l'ancre *a*, polarisée par le voisinage d'un aimant permanent, oscille entre les deux branches de l'électro-aimant E, frappant en même temps sur les timbres *t* et t_1, le secteur à dents S s'abaisse, en substituant devant le guichet le voyant blanc ou rouge, et fait tourner l'axe *i*. L'extrémité de *d* s'échappe vers la droite à travers l'échancrure *i*, le tambour R devient libre, et le sémaphore peut être levé à voie libre.

Mais alors le tambour prend la position représentée sur la partie droite de la figure en R_1, où il ne permettrait plus au bouton K_1 d'abaisser l'extrémité du levier c_1 pour venir fermer sur le butoir b_1 le circuit de ligne. Dans l'état de la partie de gauche, au contraire, c'est-à-dire le sémaphore étant enclenché à l'arrêt, en rapprochant *b* et *c* au moyen de K, et en tournant la manivelle *h* de l'inducteur I, on émet vers le poste d'amont une succession de courants alternatifs qui libèrent son sémaphore, tandis qu'à l'appareil transmetteur, le secteur S remonte, amenant son voyant rouge en regard du guichet, sous l'influence du courant

qui, arrivant par *l'*, parcourt les bobines E, et s'en va sur la ligne par *bcr* et L. En même temps la pièce *d* a eu son extrémité emprisonnée par la partie pleine de l'axe *i*, ce qui fixe à l'arrêt le sémaphore local.

L'autre frotteur *l* ne rencontrant qu'une moitié du collecteur de l'inducteur I, ne laisse traverser que des courants de même sens, qui arrivent à la ligne, lorsqu'on appuie sur l'un des boutons P ou P_1. Ils servent à actionner les sonneries T, soit pour annoncer les trains, soit pour échanger des signaux conventionnels, sans rien changer à l'état des mécanismes électriques.

Avec cet appareil, l'agent d'un poste intermédiaire II qui fait passer un train, l'annonce au poste d'aval III, en appuyant sur le bouton P et tournant la manivelle *h* de l'inducteur I. Puis il tourne la manivelle M du tambour R, jusqu'à ce que l'aile sémaphorique correspondante marque l'arrêt. Enfin, appuyant sur le bouton K et manœuvrant son inducteur, il fait apparaître son voyant rouge, enclenche son propre signal à l'arrêt, et libère le sémaphore du poste d'amont I, tout cela avec accompagnement de coups des timbres tt_1.

Dans le cas de garage d'un train, l'agent bloque son sémaphore pour pouvoir rendre voie libre au poste précédent, puis, en introduisant la main par les ouvertures *o* ou o_1, il fait osciller l'échappement à ancre pour débloquer son signal. C'est là une faculté dangereuse laissée à l'agent; aussi parfois a-t-on recours à des appareils spéciaux de déblocage, qui compliquent alors le système.

Cet appareil n'exige pas de pile, et est à l'abri de fausses indications provenant de courants atmosphériques. Il a été perfectionné récemment, de manière à

ne permettre de rendre qu'une fois voie libre, à chaque passage de train.

Comme dérivant des appareils précédents par le programme et même certaines parties du mécanisme, nous citerons les appareils Krizik et les appareils Hattemer et Kohlfürst. Malgré quelques détails heureux, nous n'en décrirons pas les dispositions, parce qu'en somme, avec des mécanismes plus compliqués, dont quelques-uns se rapprochent des précédents, ils ne fournissent pas de résultats supérieurs à ceux des appareils Siemens et Halske, et, par suite, sont fort peu employés, même en Autriche où ils ont pris naissance.

Au reste, dans tous ces appareils, tant que son sémaphore est à l'arrêt, l'agent peut indéfiniment rendre voie libre au poste précédent, et, par suite, faire engager plusieurs trains dans la section d'amont, par un effet de sa négligence, sauf avec le dernier perfectionnement introduit dans l'appareil Siemens et Halske.

Appareil Sykes. — L'inconvénient qui vient d'être signalé, a été évité, comme nous l'avons vu, dans les appareils Lartigue modifiés, et ceux du block Paris à Lyon et à la Méditerranée. Il l'est pareillement avec l'appareil Sykes, lequel ne permet de rendre voie libre au poste d'amont qu'une seule fois, et après l'enclenchement à l'arrêt du sémaphore couvrant la section d'aval.

Il est appliqué en Angleterre par les compagnies du London Chatham and Dover et du Métropolitan District.

Le levier L qui commande le sémaphore (*fig.* 14 et 15), est enclenché à l'arrêt par la pénétration du verrou *b* dans l'encoche *c*, et libéré au moyen du levier *a* par la retombée de la tige N, lorsqu'un courant de sens convenable venant de la ligne *l'* et parcourant l'électro-aimant Hughes K, laisse pivoter la pièce en

équerre M, qui alors abandonne le doigt d'arrêt *i*, et, par suite, la tige N. Lorsque, pour la mise à voie libre, le levier L est renversé vers la gauche, la pièce

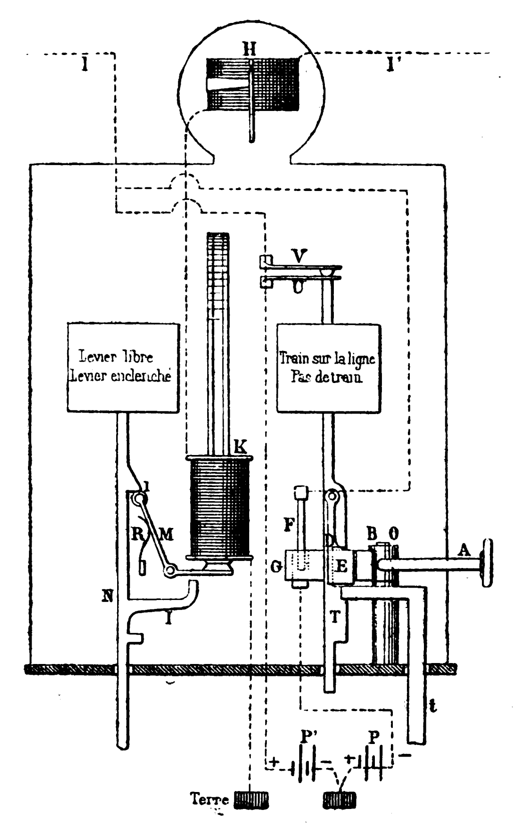


Fig. 14. — Appareil Sykes

g à profil particulier, reçoit un mouvement de rotation par les tiges *e* et *f*, et relève la pièce N, le doigt I rapplique la pièce M contre l'aimant K, et le verrou *b* est libre pour retomber à nouveau dans l'en-

coche *c*. Tel est le mécanisme d'enclenchement du sémaphore.

Pour rendre voie libre, il faut appuyer sur le bouton A qui pousse la pièce en équerre B, mobile autour de l'axe vertical *o*, et fait ainsi communiquer les contacts F et G, lesquels laissent passer sur la ligne *l* le

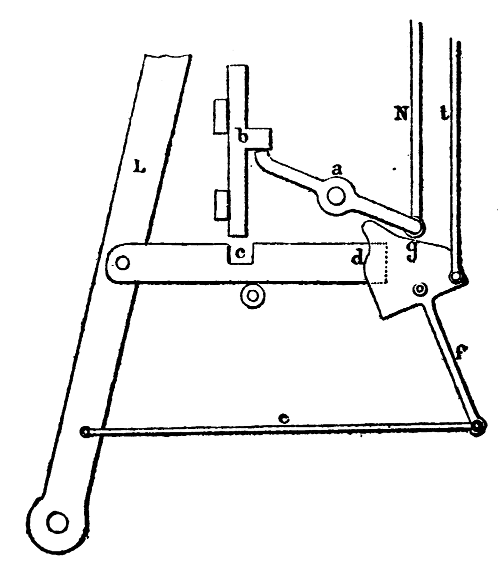


Fig. 15.

courant négatif de la pile P. Mais dans ce mouvement, la pièce B pénétrant dans l'encoche E de la tige T, repousse le pied-de-biche D au repos sur la tête recourbée de la tige *t*, et fait ainsi tomber T. B se trouve alors en regard de la partie pleine de T, et ne peut plus être poussé de nouveau, jusqu'à ce que le mouvement du levier L vers la gauche, puis vers la droite, ait abaissé la tige *t* au-dessous du pied-de-biche D, puis l'ait remontée avec D et T. Autrement dit : on ne

peut rendre voie libre qu'une seule fois, et après que le sémaphore a été mis au passage puis enclenché à l'arrêt.

Les ressorts U et V amenés au contact par la tige T, servent à l'émission vers le poste d'amont, d'un courant venant de la pile P', lequel sert à marquer par l'apparition ou l'absence d'un petit indicateur galvanométrique semblable à H, que la section d'aval n'est plus ou est encore occupée, lorsque le sémaphore est maintenu à l'arrêt, d'après le principe de la voie habituellement fermée, et ouverte seulement au passage de chaque train.

Mais alors il faut que chaque train soit annoncé à l'avance de poste en poste, et cela nécessite l'adjonction d'un fil spécial pour sonnerie d'avertissement; et cela fait en tout trois fils pour les deux voies.

Dans ces conditions, l'agent qui a été averti de l'approche du train par le poste précédent, l'annonce alors au poste suivant qui ne lui rend voie libre qu'à cet instant. Il fait passer ledit train, et ne rend voie libre en amont, que sur annonce nouvelle d'un autre train.

En cas de garage, on couvre la manœuvre par le sémaphore, ce qui permet de rendre voie libre, et on libère le signal au moyen d'un bouton spécial disposé en un point désigné, lequel permet d'envoyer dans l'appareil un courant de sens convenable pour le déclenchement.

Appareil Hodgson. — Cet appareil réalise le programme des sections dépendantes, avec impossibilité de rendre voie libre plusieurs fois de suite d'un même train, et facilité pour les garages et dépassements. Il a été étudié pour se combiner avec les appareils d'enclenchement d'aiguilles de MM. Saxby et Farmer. Il

est de plus muni d'une pédale, destinée à parer au danger suivant : un agent endormi ou distrait s'imagine avoir oublié de couvrir un train passé seulement dans sa pensée, mais effectivement en retard ou en détresse dans la section d'amont ; il met ses signaux à l'arrêt et rend voie libre au poste précédent ; dans ces conditions, ce poste peut laisser passer un second train susceptible de rattraper le premier. Cette éventualité est écartée, si l'agent n'a la faculté de rendre voie libre, qu'après le passage effectif du train sur une pédale placée près de son poste. Tel est le rôle de la pédale ajoutée à l'appareil Hodgson. Mais dans une gare où se font des manœuvres et des garages, la pédale est trop sujette à être rencontrée par les trains en mouvement pour fournir une réelle sécurité, à moins d'un éloignement excessif et de réglementations compliquées.

Bien qu'il satisfasse théoriquement aux meilleures conditions requises pour la sécurité des trains, et qu'il ait quelques applications en Angleterre et sur les lignes de l'État belge entre Bruxelles et Anvers, en pratique, l'appareil Hodgson offre une telle complication dans son mécanisme, sa réglementation et son emploi, qu'il ne semble pas appelé à un grand développement, et que nous ne le décrirons pas ici.

(*A suivre.*) F. RODARY.

CONFÉRENCE TÉLÉGRAPHIQUE INTERNATIONALE

DE BERLIN

L'Union télégraphique internationale, fondée en 1865, sur l'initiative de la France, vient de tenir à Berlin sa sixième conférence.

La France était représentée par M. Fribourg, directeur au ministère des postes et des télégraphes, et par M. Lorin, chef de bureau. Pour la première fois, la Tunisie et les colonies françaises de la Cochinchine et du Sénégal avaient envoyé des délégués. M. Lorin, délégué de la France, était également délégué spécial pour la Tunisie. La Cochinchine était représentée par M. Brunot, chef du cabinet du ministre des postes et des télégraphes, et le Sénégal par M. Duvivier, secrétaire du conseil supérieur des colonies au ministère de la marine.

Les autres États représentés à la conférence étaient les suivants : l'Allemagne, l'Australie du sud, l'Autriche, la Hongrie, la Bosnie-Herzégovine, la Belgique, le Brésil, la Bulgarie, le Danemark, l'Égypte, l'Espagne, la Grande-Bretagne, la Grèce, les Indes britanniques, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Monténégro, la Norwège, la Nouvelle-Galles du Sud, les Pays-Bas et les Indes néerlandaises, la Perse, le Portugal, la Roumanie, la Russie, le Siam, la Suède, la Suisse, la Tasmanie, la Turquie et Victoria.

La conférence a commencé ses travaux le 10 août

1885. La dernière séance, consacrée à la signature des documents officiels et aux discours de clôture, a eu lieu le 17 septembre.

M. le Dr de Stephan, secrétaire d'État au département des postes de l'Empire germanique, a été élu président de la conférence. Il a choisi pour assesseurs M. Curchod, directeur du bureau international de Berne, et M. Scheffler, conseiller intime supérieur, délégué de l'Allemagne.

M. Eschbaëcher, secrétaire du bureau de Berne, remplissait les fonctions de secrétaire de la conférence, assisté de MM. Neumann et Linz, fonctionnaires de l'administration allemande.

Après une discussion générale qui a occupé la première séance plénière, la conférence s'est constituée en deux commissions chargées, la première de la revision des tarifs, la seconde de la revision du règlement.

La commission des tarifs se composait des délégations de dix-huit des administrations représentées, savoir : les délégations d'Allemagne, d'Autriche, de Hongrie, de Belgique, du Danemark, de l'Espagne, de la France, de la Grande-Bretagne, de l'Italie, du Japon, du Luxembourg, de la Norwège, des Pays-Bas, du Portugal, de la Russie, de la Suède, de la Suisse et de la Turquie.

Elle a choisi pour président M. le Dr Brunner de Wattenwyl, conseiller aulique au ministère I. R. du commerce de l'Autriche; pour vice-président, M. le commandeur E. d'Amico, directeur général des télégraphes d'Italie, et pour rapporteur M. Fribourg, directeur au ministère des postes et des télégraphes de France.

La commission du règlement comprenait les délégations des dix administrations suivantes : les délégations de l'Allemagne, de la Belgique, du Brésil, de la France, de la Grande-Bretagne, des Indes britanniques, du Portugal, de la Roumanie, de la Suède et de la Russie.

Son bureau était ainsi composé : président, M. Hake, directeur de la deuxième division (télégraphes) du département des postes, délégué de l'Allemagne ; vice-président, M. le baron de Capanema, directeur général des télégraphes du Brésil; rapporteur, M. F. Delarge, ingénieur en chef, directeur des télégraphes de Belgique.

Toutes les délégations et les représentants des diverses compagnies de câbles avaient d'ailleurs, conformément à l'usage, la faculté d'assister à chacune des séances des commissions et de prendre part aux discussions.

Les deux commissions avaient respectivement à étudier, d'une part, les propositions présentées par les diverses administrations depuis la conférence de Londres, propositions qui avaient été, dans l'intervalle, réunies et coordonnées par les soins du bureau international, et, d'autre part, toutes celles qui pouvaient être soumises à leur examen au cours même de la conférence.

La tâche la plus délicate et la plus laborieuse incombait à la commission des tarifs. Celle-ci avait, tout d'abord, à examiner deux projets présentés, l'un par l'administration allemande, l'autre par l'administration austro-hongroise.

L'Allemagne proposait d'appliquer à tous les télégrammes originaires et à destination des pays de

l'union, compris dans le régime européen, les taxes suivantes :

Taxe fixe par télégramme.	0f,50
Taxe par mot.	0f,20

Chacun des États contractants aurait conservé les recettes perçues dans ses propres bureaux, et aurait eu seulement à bonifier, sur ses produits, la part de transit revenant aux offices dont les lignes auraient été utilisées.

Cette part de transit était fixée à 0f,04 par mot pour les États à grand territoire et à 0f,02 par mot pour les États à petit territoire. Enfin, une surtaxe de cinq ou dix centimes par mot était applicable au parcours des câbles sous-marins, suivant la longueur de ces câbles.

Ce système, très séduisant, au premier abord, par sa simplicité, a fait l'objet d'un examen approfondi. Patronné et soutenu par la délégation allemande, appuyé par les délégations de quelques administrations dont le trafic aurait été peu atteint par la réforme proposée, le projet allemand a été finalement écarté par la commission des tarifs pour ce double motif qu'il aurait établi une répartition inégale des produits et des charges et qu'il aurait eu pour conséquence une réduction trop importante des produits de la télégraphie internationale.

La proposition de l'Autriche-Hongrie ne fixait pas le tarif. Elle admettait seulement le principe, pour chaque pays de l'Union, d'une taxe terminale unique et d'une seule taxe de transit quelles que fussent l'origine et la destination des télégrammes. Elle visait principalement un nouveau mode de comptabilité pour le règlement des comptes entre les États contractants.

A cet effet, un organe central, chargé de recevoir le produit de toutes les taxes perçues pour transit et d'en répartir le montant périodiquement, au *prorata*, entre tous les offices intéressés, aurait été établi au bureau international de Berne.

La commission n'a pas admis ce système qui lui a paru constituer une complication excessive. Elle s'est ralliée à la proposition suivante soutenue par la délégation française et ratifiée ensuite par la conférence en séance plénière.

1° Dans la correspondance du régime européen, une seule et même taxe élémentaire terminale, une seule et même taxe élémentaire de transit sont adoptées pour tous les États.

La première est fixée à dix centimes, la seconde à huit centimes.

2° Ces taxes sont respectivement réduites à six centimes et demie et à quatre centimes pour les États suivants : Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Danemark, Grèce, Luxembourg, Pays-Bas, Portugal, Serbie et Suisse.

3° Les autres États du régime européen conservent également la faculté de réduire leurs taxes terminales pour tout ou partie de leurs relations.

4° Toutefois, la Russie et la Turquie, en raison des conditions exceptionnelles dans lesquelles se trouvent l'établissement et l'entretien de leurs réseaux, auront la faculté d'appliquer des taxes terminales et de transit supérieures aux taxes élémentaires sus-mentionnées.

5° Enfin, une taxe spéciale de transit pourra être établie dans chaque cas particulier pour le parcours des câbles sous-marins.

Les conséquences principales de la solution admise

sont, d'une part, la substitution d'une seule taxe terminale et d'une seule taxe de transit aux taxes variées et compliquées qu'avaient établies la conférence de Londres, et, d'autre part, la suppression absolue de la surtaxe actuelle de cinq mots perçue pour chaque télégramme.

Cette résolution constitue une réforme importante et un progrès réel. Elle aura pour effet de simplifier la comptabilité internationale, très compliquée aujourd'hui, tout en procurant au public, par la réduction des taxes, des facilités nouvelles. Nous ne doutons pas que, dans ces conditions, les diminutions de recettes qui seront la conséquence de la réforme des tarifs, ne soient compensées, dans un avenir prochain, par les bénéfices résultant de l'accroissement du tarif.

L'unification des taxes, admise dans la correspondance avec les divers offices de l'Union, n'a pu être obtenue, d'une manière complète, pour le parcours des câbles sous-marins. Les compagnies ont cependant, sur la demande de la conférence, consenti des réductions sensibles aussi bien pour le trafic européen que pour le trafic extra-européen.

La commission du règlement a eu la tâche souvent ingrate et toujours laborieuse de mettre tous les articles du règlement en harmonie avec les exigences nouvelles et les progrès réalisés. Elle a opéré cette revision dans le sens le plus large et les nombreuses améliorations introduites se distinguent par l'esprit libéral dont la commission s'est toujours inspirée.

Tel est le résumé succinct des travaux de la conférence. Celle-ci a fait œuvre très utile en admettant, dans toutes les relations, le principe absolu du tarif par mot que le public a toujours accueilli avec une

si grande faveur, et dont l'administration française s'est efforcée sans cesse d'étendre l'application.

La conférence a enfin définitivement clos ses travaux en désignant, à une grande majorité, Paris pour siège de la prochaine réunion qui doit avoir lieu en 1890.

Les dispositions arrêtées à la conférence de Berlin ne sont exécutoires qu'à partir du 1er juillet 1886, sous la réserve de l'approbation des gouvernements intéressés.

L'accueil fait par le gouvernement allemand aux délégations composant la conférence télégraphique internationale a été des plus courtois. Le secrétaire d'État, la ville de Berlin, la chambre de commerce et les sociétés savantes leur ont offert des fêtes brillantes. Les sénats de Brême, de Hambourg, de Lubeck ainsi que les autorités de la ville de Kiel, ont tenu à honneur de recevoir la conférence et de témoigner ainsi de leur sympathie pour l'œuvre poursuivie.

RAPPORT DU DOCTEUR W. BURCK

Directeur adjoint du Jardin botanique de Buitenzorg

SUR

SON EXPLORATION DANS LES PADANGSCHE BOVENLANDEN

A LA RECHERCHE

DES ESPÈCES D'ARBRES QUI PRODUISENT LA GUTTA-PERCHA

Suite (*).

Nous allons maintenant toucher, en passant, les autres espèces de njatoeh Balam provenant de Padang, dont le produit a une moindre valeur.

Njatoeh Balam Tembaga de Soepayang.

C'est un arbre qui, arrivé à l'état adulte, atteint une circonférence d'environ 3 mètres et une hautenr de 80 à 90 pieds. Il n'appartient pas au genre *Dichopsis*, mais me paraît être une nouvelle espèce du genre *Isonandra*. Le suc est d'un liquide clair, coulant rapidement en grande quantité sans devenir promptement solide. Après avoir été chauffé et s'être débarrassé des parties aqueuses, il se fige. Ces propriétés rendent possible d'obtenir la gutte sans parcelles d'écorces et parties ligneuses, et de lui conserver la couleur blanche. Toutefois elle n'a point de compacité et se laisse entamer comme de la cire. Elle reste gluante et vis-

(*) V. *Annales télégraphiques*, septembre-octobre 1885.

queuse; nous en avons du moins la preuve dans l'échantillon que nous a envoyé, il y a un an, le contrôleur de Rooy, et qui est resté tout aussi gluant que l'échantillon que nous-même avons recueilli il y a deux mois. Le prix du picul est chez les accapareurs de 30 à 40 florins.

Njatoeh Balam Doerian de Soepayang.

La forme de la feuille a beaucoup de ressemblance avec celle du *Dichopsis oblongifolia* et le nombre des nervures est le même. Si d'après la forme de la feuille on voulait déterminer l'espèce, on risquerait de commettre la plus grosse erreur. Le produit est d'une qualité très inférieure et manque de solidité et d'élasticité. Échauffé, il est gluant; refroidi, il se laisse facilement entamer avec l'ongle. En fait-on une barre plate? il devient cassant. Le picul chez les accapareurs a une valeur de 50 florins.

Njatoeh Balam Doerian de Halaban.

C'est un arbre qui, d'après les bourgeons floraux, doit probablement appartenir au genre *Isonandra*. La gutta coule facilement. On la reçoit dans une canne cylindrique de bambou, où elle se fige en quelques heures et devient ensuite cérumineuse, puis, quelques jours après, se durcit et devient d'un vitreux cassant.

Njatoeh Balam Doerian de Kajoe Tanam.

Je n'ai pu me procurer aucun exemplaire soit des fleurs, soit des fruits. Je ne saurais même affirmer si ce végétal appartient réellement à la famille des Sapotacées. Les feuilles ressemblent plus que toutes les autres à celles du doerian (*Durio Zibethinus*); la gutte

en est très mauvaise, gluante. Après un examen assez rapide de ses propriétés, j'ai renoncé à la récolte.

Njatoeh Balam Pisang de Halaban, Njatoeh Balam Bindaloo du Goenoeng Sagoh.

L'arbre connu sous ces deux noms appartient aussi au genre Dichopsis. La gutte avait d'abord paru posséder de bonnes propriétés, mais plus tard elle devint cassante et se laissait facilement entamer avec l'ongle.

Njatoeh Balam Selindit, Njatoeh Balam Pipit, Njotoeh Balam de Poear datar, Njatoeh Balam Laboeai, Njatoeh Balam Ampaloo.

Ces arbres donnent tous une gutte peu recherchée et qu'on n'emploie que mélangée avec d'autres.

Elle est très gluante, reste aux doigts et, à mon avis, n'a aucune importance pour l'industrie. Le njatoeh balam laboeai est le produit d'une Apocynée (*Alstonia spec.*); son suc laiteux coule avec abondance et rapidité et reste longtemps liquide. Selon le dire de quelques-uns, on l'emploierait en guise de lait. Je n'ai pu trouver dans les régions de Padang rien qui justifiât cette assertion.

Njatoeh Balam de Gloegoer.

Il ne se distingue par aucun nom spécial et je ne l'ai rencontré qu'avant l'époque de sa floraison. On le trouve entre Sialang et Gloegoer, disséminé parmi les njatoeh balam tembaga, dont il se rapproche tellement par la forme de la feuille qu'il est impossible de les distinguer l'un de l'autre. Cette ressemblance pourrait donner lieu à de graves erreurs, si l'on voulait déter-

miner scientifiquement l'espèce par l'inspection des feuilles. On ne peut non plus distinguer les plantules d'avec celles du *Dichopsis oblongifolia*. Je n'ai pas jugé désirable de m'en procurer, de crainte de commettre des erreurs qui seraient d'autant moins pardonnables que la gutta, selon moi, est d'une qualité très inférieure. Son tronc est facile à distinguer de celui du njatoeh balam Tembaga, car il s'appuie sur un grand nombre de racines aériennes, ce qui n'est pas le cas pour celui-ci.

MODE ACTUEL D'EXPLOITATION DE LA GUTTA-PERCHA ET SES CONSÉQUENCES.

On sait que l'exploitation de la gutta-percha se fait par l'abattage de l'arbre. Je n'ai point remarqué d'autres moyens plus sensés d'exploitation. Les arbres sont-ils d'une circonférence colossale, on trouve à la base du tronc des élargissements en forme de lames verticales et l'on est obligé de dresser un échafaudage sur lequel on se place afin de procéder à l'abattage.

De tels géants sont rares, et encore ne les rencontre-t-on que dans les forêts où la population ne se livre pas à l'exploitation de la gutta. Dans l'épaisse forêt du Sagoh, où selon les indigènes on ne trouverait point d'arbres à gutta, j'ai rencontré un certain nombre de ces géants portant le nom de njatoeh Bindaloe. Pour en abattre un, il fallut dresser un échafaudage au-dessus des élargissements verticaux jusqu'à 16 pieds de haut et, à l'endroit où commença le jeu de la hache, l'arbre avait encore 2 mètres 20 de circonférence.

Les indigènes qui se livrent à l'exploitation de la gutta se rendent en général par groupes de trois ou quatre à la forêt. Dans quelques districts entre autres L. Kota's, les chercheurs de gutta croient nécessaire de se faire accompagner de quelqu'un qui possède le *Ilmoe* pour conjurer les esprits qui se montrent dans les arbres (esprits des forêts ou esprits des parents morts).

On fait une offrande expiatoire, après quoi on se met au travail. Comme les arbres producteurs se trouvent dans les parties les plus épaisses des forêts vierges, et que les bois avoisinant les Kampongs sont depuis longtemps dénudés, les chercheurs de gutta vont s'établir pour quelques jours dans la forêt et commencent à bâtir une hutte commune. Ils savent découvrir avec une adresse merveilleuse, dans l'endroit le plus épais, l'arbre à gutta, et s'il leur reste quelque doute quant à l'espèce de l'arbre dont ils ne peuvent distinguer les feuilles sous la voûte du feuillage ambiant, une simple incision dans le tronc fait couler entre leurs doigts le suc laiteux dont ils peuvent constater la qualité. En outre, ils savent sans erreur déterminer l'espèce, à la couleur du tronc, à l'épaisseur de l'écorce, au plus ou moins de dureté du bois. S'ils ont trouvé un arbre qui leur semble assez fort pour être exploité, ils l'abattent à coup de hache (balioeng), après quoi avec une hachette (lading) ils tracent des demi-cercles à des distances de 30 à 50 centimètres.

Dans quelques localités on croit nécessaire, avant d'anneler le tronc, de dépouiller l'arbre abattu de sa cime pour empêcher le suc laiteux de se répandre, l'arbre étant couché, dans les branches et les feuilles de la cime ; c'est ce que font aussi les chercheurs de Bornéo.

Le suc se rassemble dans les cercles tracés par la hachette avec plus ou moins de célérité selon l'espèce. Les sucs du njatoeh balam bringin, du njatoeh balam doerian de L. Kota's, du njatoeh balam tembaga de Soepayang ne se figent pas immédiatement; celui du njatoeh balam tembaga, au contraire, est plus épais, se fige facilement et se condense entre l'écorce et les fibres du bois. C'est le suc laiteux du njatoeh balam soesoen qui se solidifie le plus vite; aussi l'indigène lui donne-t-il un autre nom. Quant au njatoeh balam tembaga dont la condensation est plus lente, le chercheur fendille avec sa hachette l'écorce de l'anneau ouvert, la réduit en une sorte de pulpe molle qui arrête le dégouttement. Cette précaution n'est pas nécessaire pour le njatoeh balam soesoen. Il ne m'a pas été possible d'établir une différence entre ces deux producteurs, soit dans le tronc, le port ou la forme de la feuille; il ne me reste qu'à conclure que la seule différence consiste dans la compacité du suc.

On a prétendu que l'indigène regarde comme seule bonne la gutte qui se solidifie dans sa main; cette assertion est erronée. Le chercheur de gutte sait fort bien que les espèces produisant un suc clair peuvent fournir une gutta très utilisable.

La cueillette de la gutta liquide se fait en certains endroits avec une extrême incurie. Tandis que le travailleur trace ses anneaux du tronc à la cime, une quantité assez considérable de suc laiteux s'écoule, il ne se donne pas la peine de recueillir ce liquide dans des godets ou des écorces découpées en forme de vase. Les chercheurs d'Andoering (District Kajoe Tanam) prétendaient que la gutta ainsi écoulée est d'une qualité inférieure et se vend à bas prix dans le commerce.

Ils trouvaient cette gutta trop blanche et savaient que dans le commerce on la préfère rouge ou brune. En d'autres localités on ne savait donner aucune raison de cette négligence à perdre ainsi une partie du produit.

L'arbre ayant été découpé par cercles jusqu'à la cime, il s'agit de recueillir le suc qui s'est immédiatement amoncelé dans les cercles en fentes. Avec un râcloir de fer on retire tout ce que l'on trouve dans les fentes, tant parcelles d'écorce que suc solidifié, et on le fourre dans un sac fait de la spathe du pinang. Lorsque les anneaux ont été ainsi nettoyés, la besogne est considérée comme finie et l'on passe à un autre arbre. Il arrive souvent que le suc laiteux coule encore et se condense dans les cercles en quantité assez abondante; on le néglige cependant et l'arbre est tout à fait abandonné. J'ai recueilli moi-même plusieurs fois de ce suc délaissé sur un arbre abattu depuis longtemps et je n'ai cessé de regretter une insouciance qui amène tant de pertes.

Ce n'est pas tout : on peut affirmer qu'en général on ne récolte que la moitié de la gutta fournie par le producteur. En effet, les entailles circulaires n'occupent que la moitié supérieure de l'arbre abattu et couché; l'autre moitié inférieure et touchant le sol reste intacte; il est impossible de retourner cette moitié pour y pratiquer les incisions. Ce travail exigerait un plus grand nombre de travailleurs, et la situation de l'arbre au milieu du bois dans un terrain très accidenté offre des difficultés presque insurmontables.

L'arbre, débarrassé de sa gutte, reste couché dans le bois sans attirer davantage l'intérêt, sans que personne s'en occupe. Et pourtant le kajoe balam fournit

un bois d'œuvre et de construction d'une excellente qualité. L'inspecteur des forêts, M. J.-W.-H. Cordes, regarde le balam tembaga comme un bois solide et compact, à fibres fines d'un brun rouge foncé, aussi propre à la bâtisse et à la construction des navires qu'à la fabrication des meubles, des lances, des cannes, etc. Selon le même inspecteur, le kajoe bringin est un bois lourd, fort, rouge brun, d'une fibre plus fine que le balam tembaga, pouvant fournir des poteaux et autres pièces de charpente, et dont les troncs donnent des poutres qui atteignent 13 mètres de longueur.

Comme les chercheurs de gutte ne sont point charpentiers et réciproquement que les charpentiers ne sont point chercheurs de gutte, il arrive par exemple qu'au Sagoh on exploite l'arbre njatoeh balam bindaloe en lui enlevant de quoi faire des planches et lui laissant sa gutta, tandis qu'à peu de kilomètres de distance, sur l'autre bord de la rivière de Sinamar, les chercheurs enlèvent la gutta du même arbre, nommé là *njatoeh balam pisang* et abandonnent le bois à la pourriture.

Le mode d'exploitation de l'arbre à gutta-percha accuse un vandalisme incroyable; en effet, chaque colosse livré à l'abattage en entraîne dans sa chute un nombre d'autres, l'on est quelquefois obligé d'abattre préalablement ceux qui l'entourent, auxquels il est relié par des lianes ou autres plantes grimpantes qui le retiennent dans leurs bras de fer.

Les conséquences d'une pareille destruction des arbres à gutta-percha sont faciles à prévoir et se sont déjà fait sentir.

Comme les arbres adultes ont été déjà abattus, les

indigènes devront désormais se contenter d'exploiter les jeunes qui ne fournissent qu'une quantité insignifiante de suc laiteux. On prétend qu'un chercheur de gutte regarde un njatoeh balam comme digne d'exploitation lorsque l'arbre a atteint la grosseur du tronc d'un cocotier (1 mètre à peu près de circonférence).

Je crois devoir ajouter qu'il m'est arrivé très rarement d'en rencontrer d'aussi gros, et je m'imaginais avoir fait une heureuse trouvaille, lorsque j'avais rencontré un tronc de 60 centimètres de circonférence. Il est vrai aussi qu'on trouve encore dans les forêts une quantité assez considérable de grands arbres à gutta parmi ceux qui donnent un produit de qualité inférieure ; ce résultat est dû à ce que la gutta produite par ces espèces n'a paru sur les marchés que dans ces derniers temps, les meilleures sortes devenant de plus en plus rares.

Jamais un indigène ne s'est avisé de propager l'arbre à gutta par des graines ou des boutures en songeant à l'avenir. Dans différents districts de Sumatra où la population se livrait autrefois à l'exploitation de la gutte, cette exploitation a cessé après que par suite de l'anéantissement des gros producteurs, il n'est resté que de jeunes arbres. C'est ainsi que, depuis une dizaine d'années l'exploitation a cessé à Solok, à Alahan Pandjang, à Soepayang ; j'ai vu de mes propres yeux à Halaban une telle diminution des arbres produisant une bonne qualité de gutta, qu'il est probable que dans peu de mois on n'y en trouvera plus un seul exemplaire.

C'est à peine si Poear datar produit 10 piculs, et l'on m'assure qu'à Si Djoenjoeng les arbres exploitables ont tellement diminué que les chercheurs sont

obligés de s'éloigner de plusieurs journées de marche de leurs kampongs pour trouver l'arbre à gutte.

M. Cordes, de son côté, affirme qu'on exploitait encore il y a peu d'années la gutte à Priaman et à Painan, que la gutta de Priaman faisait bonne figure sur les marchés; à l'heure présente l'exploitation a cessé dans cette partie de Sumatra. Ainsi donc partout forte diminution de la gutta-percha. Il ne reste que de jeunes arbres en petit nombre, dont beaucoup ont été écrasés par la chute de leurs congénères plus âgés. Ceux qui pourraient fournir des graines disparaissent partout, et ceux qui survivent seront abattus sans doute avant d'avoir atteint l'état adulte.

Un njatoeh balam doit avoir atteint un âge avancé pour pouvoir fleurir et donner des fruits. Plus d'une fois j'ai trouvé un arbre de 30 mètres de haut et de 1 mètre de tour à hauteur d'homme qui ne portait aucune trace de fleurs tombées ou de fruits, ce qui prouve qu'il n'avait jamais fleuri. Le balam tembaga que j'ai trouvé dans les bois de Gloegoer en floraison avait, à 5 pieds au-dessus du sol, $1^{m},34$ de circonférence.

Les arbres de Poerwokerto, dont j'ai parlé plus haut, sont âgés de vingt-sept ans environ et ne font que porter leurs premiers fruits. L'*Isonandra gutta Hook.* (*Dichopsis gutta Benth.*) de Singapore, cultivé au Jardin botanique depuis une trentaine d'années peut être à peu près considéré comme adulte.

On peut donc admettre avec certitude que les producteurs de gutta sont déjà abattus avant leur maturité, et j'en trouve la preuve dans le fait qu'aucun chercheur de gutta de Sumatra n'a su me dire l'époque de la floraison de ces arbres, dont ils ne connaissaient ni

les fleurs ni les graines. Je n'ai jamais rencontré quelqu'un qui ait vu un fruit ou une graine de njatoeh balam. Ce fait explique en même temps d'abord pourquoi aucun herbier au monde ne possède des fleurs et des fruits de ces plantes, ensuite la rareté des plantules dans les forêts.

ÉPURATION DU PRODUIT BRUT, MÉLANGES ET FALSIFICATION.

La gutte que nous avons vu recueillir subit une préparation qui peut différer selon l'espèce. Les sucs laiteux, comme ceux du balam bringin, sont portés à la maison à l'état liquide. La gutta balam tembaga, ainsi que les sortes dont le suc est d'un liquide épais, se trouve de toute nécessité mélangée de parcelles ligneuses.

Avant que le travailleur soit revenu chez lui, le suc s'est déjà condensé. Il retire à la main les plus gros morceaux, jette la masse dans un pot rempli d'eau chaude ; la gutta y devient molle et pétrissable et se forme facilement en une masse compacte.

La bonne gutte ne s'attache pas au bois ; la masse pétrissable est réduite à la main en une bande aussi plate et mince que possible ; les restes des corpuscules ligneux, épars sur la surface de la bande, sont enlevés à l'eau froide ou par le frottement de la main ou de quelque autre manière.

D'ordinaire la même opération se répète une seconde fois, la gutte, de nouveau ramollie, pétrie, étalée en bandes, lavée et frottée, est ensuite pliée en morceaux ou pièces de diverses formes et de grandeur variable.

La gutte épurée deux fois se distingue comme « n° 1 » de celle qui ne l'a été qu'une fois. La gutta livrée au commerce est loin d'être pure; elle est encore mélangée d'une énorme quantité de corpuscules ligneux qu'on ne peut enlever qu'après diverses opérations par l'amollissement. Une épuration complète coûte beaucoup de temps, au point qu'un travailleur passe des heures entières à débarrasser de corpuscules deux cattis de gutta-percha.

La gutta-percha subit dans le cours de l'opération un changement de couleur : au moment où elle s'échappe de l'arbre, elle est, sans exception, blanche; l'ébullition lui fait contracter une teinte foncée due sans doute aux parcelles d'écorce qu'elle contient.

Le balam bringin prend à l'air une teinte jaune clair; la teinte du balam tembaga doit être exclusivement attribuée à la matière colorante dont cette gutta s'imbibe lors de l'épuration.

On a prétendu que les chercheurs de gutte faisaient exprès bouillir la gutte blanche avec une matière tinctoriale afin de lui donner la couleur recherchée dans le commerce. Il se peut que çà et là pareille manœuvre s'accomplisse; toutefois je ne m'en suis jamais aperçu à Padang.

Il est rare que la gutta-percha soit livrée pure et intacte au commerce. Celle qui paraît sous les noms de *gutta balam tembaga*, *gutta balam bringin*, etc., se compose dans la plupart des cas d'un mélange de deux ou plusieurs sortes de gutta. Ce mélange est tellement général qu'il ne m'a pas été possible de me procurer, chez les négociants indigènes, des échantillons purs de toute mixture. Le mélange le mieux réussi porte souvent le nom de *gutta balam tembaga*, lors

même que cette sorte de gutte n'entre pas dans sa composition.

Afin de mieux juger les propriétés des diverses sortes de gutta-percha, j'ai cru nécessaire de les recueillir toutes.

Tout mélange ne saurait être regardé comme une falsification accomplie à dessein et une fraude préméditée. Expliquons la cause de ces mélanges, et nous verrons qu'ils sont dans la nature des choses.

Les chercheurs de gutta qui se sont procuré une certaine quantité de *balam* de qualité supérieure, voient bientôt qu'ils n'en ont point assez pour la vendre avec profit, ils se mettent en route pour trouver un autre arbre qui leur donne une gutte de même sorte, et comme ils ne le trouvent pas assez vite, ils s'adressent, pour ne pas perdre de temps, au premier arbre qu'ils rencontrent jusqu'à ce qu'ils aient obtenu une quantité suffisante. Revenus dans leurs kampongs, ils ont en main diverses sortes de gutta, mais de chaque sorte une trop petite quantité pour pouvoir la vendre; c'est alors qu'ils se livrent à ces mélanges dont nous avons parlé plus haut. Ils savent bien eux-mêmes que si l'opération du mélange ne réussit pas à souhait, ils ne pourront obtenir qu'un prix minime, beaucoup plus bas que celui qu'ils auraient le droit d'exiger si la gutta était sans mélange; mais pour eux l'affaire principale est d'écouler le produit aussi vite que possible. Ne faut-il pas qu'ils vivent, et pour vivre comment attendraient-ils qu'ils aient séparément une quantité suffisante de chaque sorte de gutta-percha? Ils savent encore par expérience, quelles sont les sortes qui gâteraient le mélange, et ils se gardent bien de les employer à leur détriment.

On a souvent attribué à la falsification la présence de corpuscules ligneux dans la gutta-percha. Cette assertion est erronée ; ces corpuscules sont dus au peu de soin qu'on a mis à l'épuration du produit brut. Le chercheur de gutte sait fort bien que la gutta-percha n° 1 du commerce l'emporte sur celle qui n'a pas été bien épurée et qu'il n'est pas dans son intérêt d'en mêler le produit avec des parties ligneuses ou corticales.

On a aussi parlé d'une falsification opérée à l'aide de la farine de sagou, je n'ai jamais eu l'occasion de la constater. Toutefois je n'oserais pas affirmer que de telles mixtures n'aient pas lieu avant que la gutta-percha soit livrée au commerçant ou à l'industriel

MOYENNE DU PRODUIT DE L'ARBRE A GUTTA-PERCHA.

Il y a de grandes divergences entre les diverses estimations de la quantité de gutta qu'on peut obtenir d'un arbre.

La conclusion la plus claire est que les auteurs de ces opinions n'ont jamais vu d'arbres à gutta-percha.

Le Dr Dennys, Assistant Curator of the Raffles Museum de Singapore, qui, en 1878, fit un rapport étendu sur la gutta-percha en général, au gouvernement des Straits Settlements (rapport qui semble avoir été composé au moyen des renseignements donnés par les indigènes, ce qui n'est vraiment pas la meilleure source d'informations) ; le Dr Dennys, dis-je, accueille une citation de M. Morton dans laquelle on lit que, d'après le dire d'un marchand indigène un seul arbre produirait 40 kattis de gutta-percha (1 picul = 100 kattis = 62k,500).

Cette quantité a semblé exagérée, même à M. Morton, car il l'a ramenée de 5 à 15 kattis sans dépasser (*) 20 kattis par arbre. Dennys lui-même regarde 10 kattis par arbre comme étant la moyenne (d'après ce calcul 1 picul serait le produit de 10 arbres), et sur ces données estime la valeur en argent que peuvent procurer 100.000 arbres. Suivant von Gaffron (**), un arbre vigoureux donnerait 12 kattis; suivant Schlimmer (***), on trouvait jadis à Bornéo des arbres produisant de 10 à 20 kattis, tandis que maintenant il faudrait en abattre 50 à 60 pour obtenir cette quantité.

Dans l'hypothèse que cette dernière assertion fût exacte, il faudrait en moyenne 55 arbres pour obtenir 15 kattis, et abattre 360 arbres pour arriver à 1 picul de gutta-percha. L'*Officiel* de Java (6 juillet 1863) affirme, au contraire, que 100 arbres suffisent à produire 1 picul. On voit par ces chiffres 10, 100 et 360 quelle diversité d'opinions règne sur cette question. J'ai tâché, autant qu'il a été en mon pouvoir, de recueillir des données plus précises. Ces données, à mon grand regret, sont en petit nombre. Il aurait été nécessaire, pour déterminer avec quelque exactitude la moyenne de la production, de faire toute une série de recherches sur un grand nombre d'arbres, mesurer leur circonférence, étudier leurs diverses phases de développement, aussi bien avant qu'après la période de la floraison. Ces recherches minutieuses m'étaient impossibles pendant ma tournée, je crois cependant que les données que j'ai pu recueillir auront quelque prix.

Avant d'entrer en matière, faisons remarquer que les chiffres qui seront employés tout à l'heure pour dé-

(*) *Kew report*. 1882, p. 39.
(**) *Nat. Tijdschr. voor Ned. Ind.* XVI, p. 226.
(***) SCHLIMMER, I, c, p. 106.

signer la production des divers arbres à gutta-percha ne peuvent être comparés entre eux, vu la grande différence dans le poids spécifique des diverses sortes de gutta. La gutta balam bindaloe, par exemple, est beaucoup plus légère que la gutta balam tembaga, qui semble posséder le plus haut poids spécifique.

1. Un njatoeh balam tembaga qui au-dessus du sol à hauteur d'homme avait une circonférence de 60 centimètres et une longueur de 60 pieds jusqu'à sa cime, a donné, après épuration répétée jusqu'à disparition des particules ligneuses, 230 grammes de gutta. Les grosses branches et la tige de la cime n'ayant pas été incisées, on peut estimer la production de cet arbre à plus de 2/5 de katti.

2. Un arbre de la même espèce, de 40 centimètres de circonférence, a donné 160 grammes de gutta pure, environ 1/4 de katti.

3. Un jeune njatoeh balam bringin m'a donné en gutta pure une quantité de 22 grammes.

4. Un njatoeh balam doerian à Halaban, pas tout à fait adulte, a donné 45 grammes.

5. Un njatoeh balam bindaloe de proportions colossales, ayant à 16 pieds du sol une circonférence de 2^{m},20 a donné 190 grammes.

Je l'ai déjà dit, un njatoeh balam tembaga de 60 centimètres de circonférence est loin d'être adulte. Un arbre qui porte des fleurs et des fruits est deux fois plus gros. Mais les exemplaires dépassant 60 centimètres sont rares, et le poids de 260 grammes de gutta doit plutôt être envisagé comme le maximum que comme la moyenne de la production des arbres qui valent encore aujourd'hui la peine d'être exploités.

Comme on peut admettre avec raison que la quantité

du suc laiteux augmente en proportion de l'âge de l'arbre et de sa grosseur (cette assertion est confirmée par l'expérience n° 1 comparée avec l'expérience n° 2), on ne sera pas loin de la vérité en soutenant que la moyenne de production d'un njatoeh balam tembaga adulte est d'un demi-katti, et l'on peut lui donner l'âge de 26 ans.

On s'est souvent demandé s'il y avait nécessité d'abattre l'arbre, et s'il ne suffisait pas pour obtenir la gutta de pratiquer des incisions dans l'écorce.

L'indigène de Sumatra comprend bien que cette méthode rationnelle, bien appliquée sur le même arbre, donnerait pendant plusieurs années consécutives une certaine quantité de gutta, mais il ne peut s'ôter de l'esprit que cette méthode diminuerait considérablement la production annuelle et récompenserait fort peu ses efforts. Dans son œuvre de destruction, il s'inquiète le moins possible des conséquences qu'elle lui réserve dans un prochain avenir ; il ne songe qu'au plus ou moins de peine inhérent à son travail. Si l'ascension à l'arbre et l'incision de l'écorce lui paraissent plus faciles que l'abatage, il monte dans l'arbre sans l'abattre. C'est ainsi qu'il traite les arbres de kadjai ou karet, les espèces de getah gitan et de ngarit, qui lui fournissent le caoutchouc.

Quant au njatoeh balam, il est convaincu que l'abatage lui coûtera moins de peine que l'ascension ; il ne voit donc pas pourquoi il se donnerait la peine de l'inciser seulement, d'autant plus que, selon lui, la production est plus abondante après l'abatage.

Cette dernière opinion est partagée par un grand nombre de personnes. Je citerai deux expériences dont les résultats sont tout à fait disparates. Von Gaffron

cite un arbre qui, après l'abatage, aurait donné 12 kattis de gutta, tandis que par la seule incision il n'avait donné qu'un katti. Tout au contraire, le Pangeran (prince) Bandahara de Pontianak (Bornéo) aurait obtenu 2 kattis 10/16 de gutta d'un producteur de 39 pieds de hauteur et de 5 pieds de circonférence, abattu en sa présence. Un autre arbre de 32 pieds de haut et de 3 pieds de circonférence donna par incision, sans être abattu, 1 katti 2/16 de gutta. Si on prend en considération que ce dernier était de quelques années plus jeune, et que la quantité de suc augmente en proportion de l'âge et de la grosseur de l'arbre, on peut hardiment admettre que l'incision sans abatage donne au moins la moitié, sinon les deux tiers, de la quantité qu'un arbre de même circonférence fournit après l'abatage. La première méthode donne le douzième, la seconde de la moitié aux deux tiers de la quantité existante de gutta.

J'avais déjà pensé *a priori* que l'incision de l'écorce sans sacrifier l'arbre donnerait une plus grande quantité de gutta. En décrivant l'exploitation de l'arbre faite par l'indigène, j'ai déjà démontré que la partie de l'arbre abattu, touchant le sol et non incisée, diminuait de moitié la récolte de la gutta.

Il est évident que les incisions circulaires pratiquées sur toute la circonférence de l'arbre doubleraient la quantité. J'ai voulu confirmer par des faits mes conjectures. Dans le Jardin botanique se trouve un pied de *Dichopsis gutta*, tout à fait adulte, d'une circonférence de $1^{m},26$. J'y ai fait pratiquer des incisions, et j'en ai obtenu 149 grammes de suc; je devais agir avec d'autant plus de prudence que j'ignorais encore comment et jusqu'à quel point l'arbre pourrait supporter

l'opération, et que je ne voulais nullement sacrifier l'arbre, qui est pour le Jardin d'une extrême valeur. Ces motifs me portèrent à ne faire d'incisions que sur une partie de sa circonférence, et par le calcul j'ai pu conclure que l'arbre pourrait fournir dix fois au moins cette quantité, de sorte que la production pourrait être évaluée à plus de 1,400 grammes ou environ 2 kattis, c'est-à-dire au double de ce qu'un arbre adulte donne quand il est exploité par la méthode irrationnelle ordinaire.

D'autres expériences ultérieures achèveront de démontrer quel nombre d'incisions un arbre peut supporter sans souffrir, et quelle est l'époque de l'année la plus favorable à cette opération. Jusqu'à présent, il est certain qu'un écoulement partiel du suc laiteux ne fait aucun tort à l'arbre. Quatre arbres du même genre, originaires de Bornéo et de Banka, ont subi, il y a six mois, des incisions amenant un épanchement partiel de gutta; ces mêmes arbres en ce moment sont couverts de fruits, ce qui prouve que l'opération ne leur a pas nui.

Beaucoup d'autres arbres, renfermant un suc employé dans la thérapeutique indigène, subissent sans cesse des incisions; dans un grand nombre, le bas du tronc est couvert d'entailles sans que l'arbre paraisse en souffrir.

L'incision pratiquée sur les arbres à gutta-percha vivants non seulement est possible, mais produit deux fois autant que l'abatage. Il se peut bien qu'un arbre ne se laisse pas impunément priver en une fois de tout son suc laiteux; des expériences subséquentes résoudront la question à cet égard; le procès pourra durer trois ou quatre ans, il faudra se contenter chaque

année de pratiquer les incisions sur une partie du contour. Une culture réglée n'offre aucune difficulté à la méthode des incisions. Au cas où l'arbre serait d'un accès difficile, on peut dresser tout autour soit un échafaudage, soit des échelles, et par là l'opération n'offrira aucune difficulté insurmontable. Si l'on pratique les incisions dans une direction oblique en forme de V, et qu'au point de rencontre on adapte des tubes de bambou recevant le suc, on l'obtiendra sans perdre beaucoup de temps et dans un état presque pur.

EXPORTATION ET PRIX DES PRODUITS.

Grâce à l'intervention du directeur du département de l'intérieur, nous avons reçu les données suivantes fournies par la factorerie néerlandaise relativement aux quantités annuelles de gutta-percha provenant des diverses zones de nos possessions. La factorerie a été seule en état de fournir des chiffres authentiques, concernant l'exportation des produits sortant des ports de Bornéo, à destination de Singapore.

Le chiffre d'exportation des ports de Palembang, de Singkel, de Baros, de Siboga et de Natal nous manquent complètement.

Quant à Sumatra, les rapports de la chambre de commerce de Padang nous fournissent les chiffres suivants relatifs à la quantité de gutta-percha sortie de ce port :

En 1879, 331 piculs; en 1880, 523 piculs; en 1881, 273 piculs, soit en moyenne par année 375 piculs ou 23,500 kilogrammes. Cette gutta-percha provenait en partie des régions indépendantes des Battaks, en partie des régions supérieures de Padang. On ignore la quan-

tité de gutta que ces dernières ont produite. D'après le rapport de l'assistant résident de L. Kotta's dressé sur l'invitation du directeur des travaux publics, la quantité de gutta entrée à Kota Baroe dans le Pangkalan et exportée directement vers la côte orientale et Singapore est évaluée à 100 piculs ou 6,250 kilogrammes. La liste des échantillons avec éclaircissements et particularités envoyée par M. ten Brummeler à l'exposition d'Amsterdam laisse également dans l'obscurité le chiffre des produits exportés de Sumatra. Là, nous trouvons bien un montant général de 105,812 kilogrammes de produits exportés des différents ports, mais ce chiffre n'est pas assez élevé, parce qu'on ne mentionne pas les districts des Lampongs, Singkel et les plateaux supérieurs de Padang.

Ce chiffre de 105,812 kilogrammes présenté par M. ten Brummeler, auquel il faut ajouter la moyenne d'exportation de Padang estimée à 23,500 kilogrammes, et celle de Pangkalan évaluée à 6,250 kilogrammes, formant un total de 135,562 kilogrammes, ce chiffre, dis-je, ne peut représenter le chiffre total des produits exportés de Sumatra.

Quant à Bornéo, la valeur en argent de la gutta-percha exportée annuellement de Bandjermasin est estimée à environ 300,000 florins.

Les produits exportés de Sampit et de Kotaringin forment un ensemble estimé à 160,000 florins par an. Les négociants en gutta-percha des pays tributaires de Koetei, Sambalioeng, Goenaq Taboer, Peloengan, y compris les contrées soumises de Pidoeng, Pasir et Pegatan, soutiennent que l'exportation dépasse du double celle de Bandjermasin, et, par conséquent, peut être évaluée à 600,000 florins par an. Par conséquent,

l'exportation annuelle de Bornéo atteint une valeur de 1,050,000 florins. D'après le rapport de la factorerie, l'exportation des trois dernières années du Bandjermasin représente 1,103,740 kilogrammes; c'est une moyenne de 370,000 kilogrammes par an, tandis que la valeur financière a été évaluée à 300,000 florins. Par le calcul on obtient pour le prix du kilogramme, florins 0,80, et pour l'exploitation totale de Bornéo 1,312,500 kilogrammes.

Admettons maintenant qu'un arbre, non encore arrivé au maximum de son développement, mais de grandeur moyenne (c'est actuellement le cas ordinaire), produise en moyenne 2/5 de katti ou 250 grammes de gutta, il faudra 5,250,000 arbres abattus pour fournir cette quantité de gutta-percha : par conséquent, à Bornéo seul le nombre des arbres abattus est d'environ 5,250,000 par an. Si, en outre, on veut bien se rappeler ce qui a été dit plus haut, c'est-à-dire que chaque arbre abattu entraîne dans sa chute et anéantit d'autres arbres, on ne sera pas loin de la vérité en soutenant qu'à Bornéo 26,000,000 d'arbres sont annuellement anéantis au profit de l'exploitation de la gutta-percha.

Les chiffres ci-dessus indiquent que la gutta-percha, exportée de Bandjermasin, est en moyenne de florin 0,80 le kilogramme ou de 50 florins le picul de 62^{k},500. Ces chiffres (en admettant que le représentant de la factorerie les ait donnés exactement) paraissent trop bas et ne sauraient s'expliquer que par la qualité très inférieure des guttas de Bandjermasin.

Parmi les quinze sortes de gutta-percha de Bornéo, mentionnées dans la liste des échantillons envoyés par M. ten Brummeler à l'exposition internationale, six avaient une valeur n'atteignant pas 50 florins le picul;

et de ces six sortes, d'après les notes de M. Schlimmer et d'autres, quatre au moins ne servent qu'à la falsification. Les sortes supérieures atteignent les prix suivants :

Gutta samboen (pure), 175 florins; gutta samboen (mélangée d'écorce), 150 florins; gutta baringin, 165 florins (districts du Sud et de l'Est); 87 florins 50 (district de l'Ouest); gutta doerian, 100 florins; gutta njatoeh, 116 florins 50; gutta kolan, 116 florins 50.

Ces chiffres me donnent le droit de supposer que la valeur en argent des guttas-perchas exportées de Bandjermasin a été évaluée trop bas. Quoi qu'il en soit la factorerie ne nous fait pas connaître la valeur précise de la gutta-percha supérieure, ce qui serait pour nous de la plus haute importance.

Le compte rendu suivant a plus de signification. On sait (et c'est ce qui confirme le rapport de la factorerie) que la gutta de Bornéo est expédiée à Singapore. Dans le *Singapore Exchange Market Report* du 22 juillet 1883, cette gutta, en grande partie originaire de Bornéo et de Sumatra, puisque Singapore n'en produit plus, et que le peu qui vient de Malacca ne peut entrer en ligne de compte, est cotée sous les trois rubriques suivantes :

First quality, 80 à 105 dollars; *Medium*, 35 à 82 dollars; *White*, 18 à 40 dollars.

Ce bas prix de 18 dollars pour la plus mauvaise gutta s'accorde avec le prix moyen du produit exporté de Bandjermasin.

La première qualité (*first quality*) est celle qui est désignée par les négociants anglais sous le nom de gutta taban ou gutta taban mérah, et que l'on croit produite par le *Dichopsis gutta*. J'ai déjà amplement démontré que c'est une erreur, puisque le produit de

cet arbre ne se trouve plus dans le commerce, et que la gutta connue sous ces noms indigènes provient en réalité du njatoeh balam tembaga ou *Dichopsis oblongifolia*.

Quant aux prix de la gutta sur le marché européen, je ne puis pour le moment les établir que d'après deux données dont je parlerai bientôt. Ces deux données démontrent que les prix sont plus élevés en Europe qu'à Singapore.

La valeur commerciale de la gutta première qualité à Singapore peut être plutôt prise comme base pour calculer la valeur financière de la gutta, provenant d'un arbre adulte, que celle du produit exporté à Padang (120 à 140 florins le picul) et à Bandjermasin.

Nous avons démontré qu'un njatoeh balam tembaga de 1^{m},25 de circonférence et ayant atteint probablement 25 ans donne environ 2 kattis ou 1,250 grammes de suc laiteux, qui, suivant le prix de 100 dollars pour la première qualité à Singapore, a une valeur de 5 florins. Ce prix n'est certainement pas trop élevé, au contraire, je suis convaincu qu'il doit être adopté comme minimum. Jusqu'à présent aucun industriel n'a accueilli avec confiance l'échantillon de gutta qui lui a été présenté. L'expérience lui a appris que les produits les plus différents lui sont offerts sous le même nom ou réciproquement, le même produit sous divers noms. Il sait, en outre, que la gutta présentée au marché n'est maintenant presque jamais pure. Les mélanges, d'ailleurs, sont difficiles à reconnaître à première vue : on ne s'en aperçoit que plus tard. Il est également impossible de classer les échantillons d'après leurs propriétés. « La seule classification qui existe, dit Beauvisage, est celle du prix qui ne saurait nous

éclairer en rien, parce qu'il est essentiellement variable et qu'il n'est en rapport ni avec l'origine botanique, ni même trop souvent avec la qualité réelle de la marchandise. Je me contenterai donc de dire que les prix de gros des diverses guttas-perchas à Paris paraissent s'échelonner actuellement entre 1 franc et 12f,50 le kilogramme.

Une telle défiance, on le comprend, doit exercer sur le commerce une influence ou plutôt une perturbation énorme. Cette défiance, inspirée aux industriels d'Europe sur la valeur des produits importés, ne pourra disparaître que lorsqu'un produit de première qualité digne de confiance, passera dans le commerce sous un nom fixe et reconnu. On peut en ce cas prédire que les prix augmenteront. La première qualité, selon l'assertion de M. Beauvisage, se vend à Paris 12f,50 le kilogramme, ce qui fait revenir le picul à environ 390 florins hollandais, c'est-à-dire trois fois autant que le prix d'exportation à Padang. La gutta balam bringin qui passe parmi les sortes de Sumatra pour être la seconde en qualité et vaut 0fl,80 a, selon Beauvisage, une valeur de 75 dollars, à Paris.

Telles sont les deux données que je puis soumettre au lecteur, pour lui démontrer que les prix sur le marché européen sont plus élevés que ceux de Singapore. Les calculs précédents prouvent en outre que, dans une plantation régulière de ces arbres à gutta et avec une méthode sensée d'exploitation où l'on épargnerait le producteur, chaque million d'arbres, après un laps d'environ vingt-cinq années, donnerait pour 5.000.000 de florins de gutta. Dans le cas où l'arbre aurait donné en une fois tout le suc renfermé dans son écorce (la question de savoir si l'arbre pourra supporter une telle opération étant mise à part), on peut

hardiment avancer qu'il faudra à l'arbre quelques années de repos pour reformer son écorce, avant de subir à nouveau d'abondantes incisions. On pourrait d'autre part suivre une autre méthode en partageant en cinq années l'extraction de la gutta, se contenter, par exemple d'inciser chaque année un cinquième du contour de l'arbre qui ne donnerait alors que 1 florin par an, mais dans ce cas on aurait plus de chance de pouvoir appliquer, la sixième année, de nouvelles incisions sur cette partie du contour où on les aurait pratiquées cinq années auparavant. C'est ainsi que sans interruption les producteurs pourraient être sans perte livrés à l'exploitation et chaque million d'arbres donnerait un revenu de 1 million de florins.

Une dernière observation. Le manque de données nous empêche de savoir le nombre d'années dont un arbre à gutta a besoin pour reformer son écorce aux endroits des incisions et pour la formation d'un nouveau suc.

Il est probable que la période de cinq années, que nous avons indiquée, sera trouvée trop longue et que deux ou trois années suffiront. Dans ce cas la production annuelle de l'arbre montera de 1 florin à $1^{fl},70$ ou $2^{fl},60$.

MESURES RÉGLEMENTAIRES POUR L'EXPLOITATION DES ARBRES PAR L'INDIGÈNE.

Après tout ce que nous avons dit relativement à l'exploitation insensée et destructive des arbres à gutta, il n'y a pas besoin d'autre argumentation pour convaincre le lecteur que dans un laps de temps très court, cet arbre précieux des forêts des Indes néer-

landaises et anglaises appartiendra au passé. Des millions de ces producteurs qui, par une culture réglée et une méthode rationnelle, pourraient devenir une riche source de revenus pour nos colonies, sont annuellement détruits, sans qu'une main vigoureuse s'oppose à leur destruction totale. Cette incurie est poussée si loin que la génération actuelle des chercheurs de gutta ne connaît plus les fruits et les graines de ces arbres, tant sont rares les sujets arrivés à l'état adulte. Il ne reste plus à exploiter que des arbres qui auraient besoin de plusieurs années encore pour donner des fleurs et des fruits ; déjà dans plusieurs districts de la côte occidentale de Sumatra où le vandalisme a été pratiqué sur une large échelle, la population indigène a dû renoncer à une exploitation qui ne la payait plus de ses efforts. On dira bientôt de Sumatra, ce qu'il y a plusieurs années déjà on dut dire de Singapore : le dernier arbre à gutta a été abattu.

A Malacca l'exploitation devra également bientôt cesser : on n'y trouve plus de grands exemplaires, et dans peu de temps, il en sera de même de Bornéo.

Plusieurs fois des voix se sont fait entendre pour appeler l'attention sur ce point capital ; plusieurs fois il a été démontré qu'une surveillance rigoureuse était nécessaire ; on a même insisté pour que le Gouvernement colonial prît des mesures énergiques pour arrêter la destruction de ces producteurs précieux. A plusieurs reprises le Gouvernement s'est adressé à ses contrôleurs pour les inviter à donner leur opinion, à savoir, s'ils pouvaient forcer l'indigène à exploiter l'arbre sans le détruire et par une culture régulière empêcher que la forêt fût privée de ce précieux produit.

Les fonctionnaires, sans exception, ont exprimé leur

désir de voir appliquer des mesures de ce genre ; toutefois ils étaient convaincus que l'application de ces mesures protectrices était, pour ainsi dire, impossible, du moins dans ces contrées pauvrement peuplées, où les bois renfermant l'arbre à gutta se trouvent à d'énormes distances des régions habitées.

Il ne fut donc pris aucune mesure réglementaire contre le mode d'exploitation employé par l'indigène, et en admettant la difficulté de faire observer des dispositions réglementaires, je doute fort que de telles mesures eussent amené le résultat désiré.

La conservation de l'arbre dans les bois par l'ensemencement des graines et la surveillance par l'indigène des plantules qui en proviendraient, en cas qu'il pût s'en trouver, seraient encore impossibles à cause de la rareté des exemplaires portant des fruits. Quant à récolter le produit en épargnant l'arbre, l'indigène, à mon avis, ne s'y résoudrait pas de sitôt. Voici pourquoi. Un chercheur de gutta après avoir employé beaucoup de temps et de peine pour se rendre l'arbre accessible, n'est pas sûr que, les années suivantes, une récolte productive récompensera ses efforts. Il ne peut compter que l'année suivante il recueillera les fruits de son travail ; peut-être un autre lui enlèvera-t-il le suc précieux avant le jour qu'il aura fixé lui-même pour faire sa récolte. Cette incertitude le fera plutôt renoncer à son travail et chercher d'autres manières de gagner sa vie. L'exploitation de la gutta n'est guère lucrative pour lui, un arbre lui rapporte tout au plus 0,20 cents (de florin) et certainement il ne pourra pas abattre trois arbres par jour. Du reste, c'est la partie la plus pauvre de la population qui se livre en général à ce travail.

Voilà les différentes causes qui rendent vaines les mesures prises contre l'exploitation actuelle des arbres à gutta.

Selon moi il n'y a qu'un moyen pour empêcher que dans un très petit nombre d'années la gutta-percha cesse d'être un produit colonial d'exportation pour l'Europe, ce moyen, c'est la culture réglée.

CULTURE RÉGLÉE.

C'est au nom du gouvernement que doit se faire la culture de l'arbre à gutta et cette culture doit être confiée à une personne compétente.

Depuis bien des années la nécessité d'une culture réglée a été démontrée. On ne s'est même point borné à argumenter, car il y a trente ans qu'on a essayé en petit, pour le compte du gouvernement, un certain nombre d'expériences qui n'ont pas amené le résultat qu'on attendait. C'est ainsi qu'à Soekadana, à Pontianak, à Mampawa et plusieurs fois à Sambas, toutes les tentatives ont échoué. A Pontianak le terrain était trop bas et marécageux : les jeunes plantes mouraient en très peu de temps, il en fut de même à Soekadana, à Mampawa, à Sambas. La cause de tant d'échecs doit être cherchée dans l'insuffisance des notions que l'on avait sur l'arbre lui-même et sur les conditions nécessaires à son développement. On s'imaginait que l'arbre à gutta de Bornéo était le même que celui qu'on avait trouvé à Singapore; et cependant on n'ignorait pas que ce dernier occupait un tout autre terrain, ce qui devait être un motif suffisant pour douter de leur identité. On savait que l'*Isonandra gutta* n'avait été trouvé dans les environs de Singapore qu'au pied des collines

dans des terrains bas et d'alluvion, tandis qu'on n'ignorait pas que la plante de Bornéo ne se rencontre jamais dans de pareilles stations.

Il en a été de même des njatoeh, dont nous avons parlé, apportés de Bornéo par le lieutenant-colonel Andreissen et plantés dans le Jardin botanique. Teysmann les fit transporter dans les résidences de Bantam et des Préanger à des altitudes de 1.000 pieds au-dessus du niveau de la mer. Ces plantes, depuis cette époque, auraient pu parvenir à l'état adulte ; en dépit de mes efforts, je n'ai pu savoir pour la majeure partie d'entre elles ce qu'elles sont devenues. Des 2.000 plants de Bornéo, 400 ont été expédiés au contrôleur de Poerwokerto, 384 sont arrivés à bon port, et 77 ont seuls survécu. Ces derniers sont maigres et chétifs ; l'Assistant résident actuel attribue leur mauvais état au peu d'altitude du terrain (300 pieds environ au-dessus de la mer).

Si les cultures à Bornéo avaient été confiées à une personne qui eût connu le terrain dont cet arbre a besoin pour son développement, on ne serait point arrivé à de si tristes résultats ; de même si le gouvernement avait confié, à Java, à un spécialiste la culture des 2.000 njatoeh, on serait à l'heure présente en possession d'une plantation d'arbres à gutta de la meilleure espèce. Cette plantation aurait pu devenir considérable, car la personne chargée d'inspecter cette culture n'aurait rien épargné pour étendre la plantation en se procurant de nouvelles graines. Il y a trente ans, il eût été possible de se procurer en abondance des graines mûres, maintenant cela est bien difficile, j'en ai expliqué plus haut les raisons.

Les expériences faites sur les producteurs de la

gutta-percha dans les plateaux supérieurs de Padang ont eu pour résultat de faire connaître les espèces qui peuvent livrer au commerce un produit de première qualité.

On connaît maintenant les conditions de leur croissance et de leur développement et l'on peut affirmer en même temps que l'on obtiendra petit à petit une quantité de graines suffisante pour les propager largement.

Il est donc plus que temps, à mon avis, que le gouvernement se charge de la culture de ces précieux producteurs, car il ne faut pas compter sur les plantations dirigées par les particuliers.

Ceux-ci doivent voir s'écouler un grand nombre d'années avant de jouir de la rente de leur capital; le gouvernement seul peut attendre et leur donner l'exemple. Si plus tard la culture devient lucrative, ce à quoi on peut s'attendre par suite de la hausse des prix et des nombreuses commandes venues d'Europe, quelques particuliers se mettront peut-être aussi à l'œuvre. Il est hors de doute que la culture de la gutta-percha deviendra pour nos colonies et notre commerce une source abondante de revenus. Il n'y a point à craindre qu'après vingt-cinq ans, lorsque les plantations du gouvernement commenceront à produire et que l'exportation de Bornéo, de Sumatra et d'autres îles n'aura pas encore cessé que le marché soit surchargé de cet article. D'abord, après vingt-cinq ans l'exportation de ces îles aura considérablement diminué et la demande de ce produit, devenu indispensable à l'industrie, en raison des nombreux usages que l'on peut en faire, aura augmenté. Une culture établie au compte du gouvernement sur des terrains convenables peut se faire

sans frais considérables. Il s'agit tout d'abord de choisir dans les bois de vastes clairières où puisse circuler largement la lumière pour favoriser le développement des plantes et où l'on trouve en même temps assez d'humidité et d'ombre pour protéger les jeunes plants contre le dessèchement. A mesure qu'ils se développeront, on pratiquera dans le bois de nouvelles éclaircies, on étendra les plantations au moyen de plantules, ou bien, si finalement cela se trouve être possible, par des boutures.

Le succès de l'entreprise sera assuré, si elle est confiée à une personne chargée spécialement de tout ce qui concerne la culture de ces arbres et qui soit en état, en se procurant des graines et des jeunes plants de toutes sortes, d'en propager aussi promptement que possible la culture.

Il sera également nécessaire que la personne en question soit un botaniste afin de pouvoir examiner et décrire, au point de vue scientifique, les arbres à gutta-percha indigènes dans notre archipel et encore inconnus jusqu'ici et que, ainsi, elle soit en état d'augmenter le nombre des arbres cultivés aux frais du gouvernement en y joignant la culture d'autres espèces de bonne qualité. En outre, elle songera aux moyens propres à obtenir une exploitation rationnelle et à augmenter à peu de frais la quantité du produit sans que le producteur en souffre, etc.

Alors seulement une telle entreprise pourra fournir des résultats satisfaisants.

Le partage des graines entre les différents districts de notre immense colonie, leur envoi à divers fonctionnaires pour que ceux-ci se chargent de les élever au milieu d'autres espèces de végétaux, font courir aux

jeunes plantes de grands dangers et aboutissent à un résultat négatif.

En effet, ces plantes, confiées à divers contrôleurs, subiront dans chaque district une culture particulière et différente; et il y a tout à parier qu'après quelques années ces nouveaux essais n'auront pas produit de résultats et alors il sera trop tard pour établir une culture réglée de l'arbre à gutta-percha.

Arrivé à la fin de ce rapport concernant les espèces d'arbres produisant la gutta-percha dans les plateaux supérieurs de Padang, rapport dans lequel j'ai passé en revue la culture en question, l'exportation du produit, sa valeur et ses prix, je voudrais avant de finir faire connaître aux intéressés cinq espèces d'arbres à gutta-percha qui ont toutes paru produire un suc d'excellente qualité.

En premier lieu : Le *Dichopsis oblongifolia*, décrit plus haut, qui, dans diverses zones de nos colonies, fournit un produit, exporté sous différents noms et connu sur les marchés européens sous la désignation de *gutta taban*, *gutta taban merah*, etc. J'en ai rapporté 75 jeunes plants de Sumatra; ils se trouvent maintenant dans le Jardin botanique, soumis à une culture régulière, et seront bientôt transplantés en plein champ pour s'y développer à l'aise.

Nous recevrons dans quelques jours une grande quantité de graines de cet arbre, soit des plateaux supérieurs de Padang, soit par l'intermédiaire de l'assistant résident de Poerwokerto (*).

En second lieu : Le *Payena* (*Keratophorus*) *Leerii* (*Hassk.*) ou njatoeh balam bringin. Nous en attendons

(*) Contrairement à notre attente, le jardin de Buitenzorg n'a pas réussi à obtenir des graines de *Dichopsis oblongifolia* (juillet 1884).

aussi une quantité considérable de graines, aussi bien des régions de Padang que de Banka. Dans quelques jours les deux arbres que possède le Jardin botanique porteront des fruits mûrs.

En troisième lieu : Le *Dichopsis gutta Benth.*, qui, il y a trente ans, a été transporté de Singapore au jardin de Buitenzorg, et qui cette année a fourni de nombreuses graines dont 350 sont maintenant à germer.

En quatrième lieu : Le *Dichopsis spec.* de Pontianak. Cet arbre cultivé dans le Jardin botanique, appartient à une autre espèce, et sera décrit dans quelques mois dans les *Annales du Jardin botanique.* Nous avons en ce moment 80 graines germinantes de cet arbre qui fournit un excellent produit.

En cinquième lieu : Le *Dichopsis spec.* C'est une espèce inconnue qui vient de Banka et appartient au même genre. L'arbre porte maintenant des fruits qu'on pourra sous peu recueillir. Plus tard en paraîtra aussi la description.

Ces cinq espèces donnent un produit de haute valeur et méritent la plus grande attention ainsi qu'une culture minutieuse.

Les produits fournis par le *Dichopsis oblongifolia*, le *Dichopsis gutta* et le *Dichopsis* de Pontianak me paraissent avoir des propriétés semblables. Celui du *Dichopsis* de Banka a plus de rapport avec celui du *Payena Leerii.*

Enfin, il y a au jardin de Tjikeumeuk, près de Buitenzorg, une plantation considérable d'une espèce d'arbres à gutta-percha appelés aussi *njatoeh* dont le Directeur du Jardin botanique a reçu un grand nombre de graines, grâce à l'obligeance du résident Ecoma

Verstege, je doute cependant que ce produit puisse être compté parmi ceux d'une qualité supérieure. J'ai aussi apporté de Sumatra (*Padangsche Bovenlanden*) des graines de deux espèces inconnues : njatoeh balam gloegoer et njatoeh soegi-soegi. Le produit de ces espèces est de qualité inférieure, elles ont plus de valeur au point de vue botanique qu'au point de vue pratique; deux exemplaires en sont mis au Jardin botanique.

Le Directeur du Jardin botanique se propose d'établir au jardin de Tjikeumeuk des plantations de ces cinq premières espèces chacune de 200 exemplaires. De cette façon on pourra disposer plus tard d'un nombre considérable de plantes, pouvant produire annuellement une grande quantité de graines.

Celles-ci serviront alors tant à étendre les plantations du gouvernement qu'à être mises à la disposition des particuliers qui voudraient s'adonner à la culture des arbres à gutta-percha.

Le jardin possède en ce moment un nombre de graines du *Dichopsis gutta* plus considérable qu'il n'est nécessaire pour faire les essais de culture; dans quelques semaines il en sera de même des espèces *Payena* (*Keratophorus*) *Leerii* et *Dichopsis oblongifolia*.

Nous émettons le vœu que des terrains soient choisis aussitôt que possible pour la création de ces cultures aux frais du gouvernement.

Buitenzorg, 10 janvier 1884.

W. Burck.

Directeur adjoint du Jardin botanique.



NOUVEL APPAREIL

DE

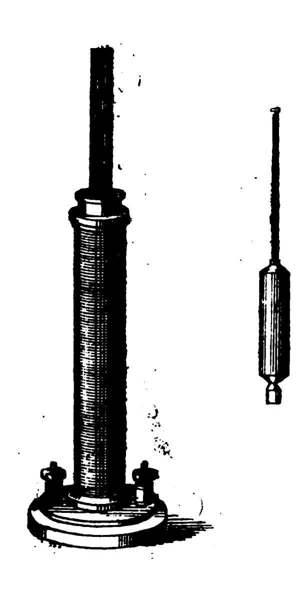
MESURE DES COURANTS ÉLECTRIQUES

Les appareils de mesure des courants électriques fondés sur l'emploi d'aiguilles aimantées ou d'aimants permanents sont, comme on le sait, influencés dans une large mesure tant par la variation du magnétisme terrestre que par la variation de l'état magnétique des aimants eux-mêmes. Les indications fournies par les instruments de ce genre, qui sont munis d'une graduation fixe en ampères ou en volts, ne peuvent présenter de garanties qu'autant que leur étalonnage est vérifié à intervalles rapprochés. C'est là un grave inconvénient, surtout pour les applications industrielles, pour lesquelles ces instruments ont d'ailleurs le grand avantage de donner des indications immédiates et continues.

Nos nouveaux ampèremètres et voltmètres ne comprennent pas d'aimant permanent dans leur construction et sont, par suite, à l'abri de la cause d'erreur qui vient d'être rappelée. Ils sont fondés sur l'action qu'exerce un solénoïde sur un faisceau de fils de fer doux, mobile à son intérieur et maintenu par une force antagoniste. Ils se rapportent au type de la balance électro-magnétique de M. Becquerel et permet-

tent, comme cet instrument, de *peser*, pour ainsi dire, l'action électrique des courants.

Pour obtenir ce résultat, l'appareil — qu'on pourrait appeler un *aréomètre électrique* — est simplement formé d'un faisceau de fils de fer doux placé à l'intérieur d'un aréomètre métallique, plongeant dans une éprouvette remplie d'eau et entourée par une bobine que traverse le courant à mesurer. La position initiale de l'aréomètre — réglée par le niveau maintenu constant du liquide — étant toujours la même, on comprend qu'il prendra une position d'équilibre fixe, en s'enfonçant d'une certaine quantité, variable avec chaque intensité du courant qui traverse la bobine, mais constante pour une même intensité. La partie supérieure de la tige de l'aréomètre est plane et constitue l'index qui se déplace le long d'une échelle verticale graduée expérimentalement. Une particularité importante est le guidage de la tige de l'aréomètre qui traverse un œil métallique *à l'intérieur du liquide*. Cette disposition supprime les frottements contre les parois de l'éprouvette et n'altère en rien la sensibilité de l'aréomètre.



En faisant varier les dimensions de la bobine et celles du faisceau de fils de fer doux ou de la tige de l'aréomètre, on peut, pour une intensité donnée, obte-

nir une course aussi grande qu'on peut le désirer. Dans les modèles courants, très habilement construits par M. J. Carpentier, qui en a étudié avec le plus grand soin tous les détails, un déplacement de 10 centimètres environ correspond à une intensité de 10 à 25 ampères, suivant les appareils, ou à une différence de potentiel de 100 volts. Les bobines des ampèremètres sont formées par une ou deux rangées seulements de très gros fil; elles peuvent n'avoir qu'une résistance de 1 à 2 centièmes d'ohm; l'appareil peut donc être introduit sans inconvénient dans la plupart des circuits électriques. La bobine du voltmètre est à fil fin et présente une résistance d'environ 1700 ohms.

Les courbes qui représentent le déplacement de l'aréomètre en fonction de l'intensité ou de la force électromotrice des courants offrent un point d'inflexion dans le voisinage duquel elles ne s'éloignent pas beaucoup d'une ligne droite sur une certaine partie de leur longueur; on a déterminé les variables de manière à utiliser surtout cette partie de la courbe.

L'appareil est nettement apériodique; il n'est pas influencé d'une façon sensible par les variations de température; ses indications ne sont pas altérées par le voisinage de masses métalliques ou d'aimants même très puissants; sa sensibilité est très grande. Nous pensons que ces divers avantages lui permettront de rendre de réels services.

(*Comptes rendus.*) F. DE LALANDE.

FORCE ÉLECTROMOTRICE DE COMBUSTION

ÉTUDE DES MOYENS EMPLOYÉS
POUR PRENDRE LE POTENTIEL DE L'AIR

Pour déterminer le potentiel d'une masse d'air, on se sert souvent d'un corps en ignition relié à l'électromètre. On admet que cet instrument se met, au bout de quelques instants, au même potentiel que la couche d'air dans laquelle se produit la combustion.

Nous avons voulu voir s'il en était bien ainsi, et nous avons étudié d'abord, à ce point de vue, les mèches en papier à filtre (papier Berzelius), imprégnées d'azotate de plomb, qui sont très employées pour les électromètres portatifs. Ces mèches étaient enfilées sur une tige de laiton pointue, isolée et reliée à l'aiguille d'un électromètre dont les quadrants étaient portés à des potentiels égaux et de signes contraires. La combustion se faisait à l'intérieur d'une pièce dont l'air n'était pas électrisé.

Nous avons reconnu ainsi que l'aiguille, loin de se mettre au potentiel de l'air, sensiblement le même que celui des murs de la salle, prend un excès de potentiel de plusieurs volts : *il y a une force électromotrice due à la combustion.*

Cette force électromotrice est du reste variable d'une

façon très irrégulière au cours d'une même combustion. En particulier, quand la partie incandescente descend au-dessous de la pointe de la tige de laiton et forme une couronne autour d'elle, le potentiel de l'aiguille peut être supérieur de plus de 100 volts à celui de l'air ambiant.

On voit à quelles graves erreurs on s'expose en employant ces mèches; leur usage doit être abandonné dans toutes les recherches précises sur l'électricité atmosphérique.

Ces expériences nous ont amené à essayer, comme prise de potentiel, une flamme de gaz brûlant à l'extrémité d'un bec métallique isolé et relié à l'aiguille de l'électromètre. Contrairement à ce qui a lieu dans la combustion des mèches de papier, l'aiguille de l'électromètre prend rapidement une position fixe.

Pour voir si l'aiguille obéit bien à une brusque variation du potentiel de l'air entourant la flamme, nous avons disposé à quelque distance de celle-ci une feuille de carton de 1^{mq} environ, recouverte de papier d'étain et suspendue verticalement par des cordons de soie; à l'aide d'un commutateur, on pouvait mettre cette feuille métallique, soit en communication avec les conduites de gaz de la pièce, soit en communication avec le pôle positif d'une pile de 100 éléments Volta, dont le pôle négatif communiquait avec les conduites de gaz. En faisant varier ainsi le potentiel de la feuille métallique, on faisait varier le potentiel de l'air entourant la flamme. Or, à chaque changement du commutateur, l'aiguille passait dans un temps très court de son ancienne position d'équilibre à sa nouvelle position et restait fixe : ces prises de potentiel à flamme obéissent rapidement aux variations du potentiel de l'air.

Nous avons étudié alors les forces électromotrices auxquelles nous pensions que la combustion du gaz pouvait donner naissance. Pour faire cette étude dans des conditions bien définies, le bec a été placé à l'intérieur d'un grand cylindre creux en métal, fermé en haut par une plaque de même métal ne laissant que les ouvertures nécessaires pour le tirage. Nous appellerons cette enveloppe cylindrique l'*inducteur*. Voici les résultats.

L'appareil que nous venons de décrire se comporte exactement comme un élément de pile. Si l'on soude à l'inducteur et au bec métallique deux fils d'un même métal, qui seront les deux pôles de l'élément, on constate entre eux une différence de potentiel constante, dans l'état d'équilibre électrique, et qui se rétablit rapidement dès qu'on vient à l'altérer : c'est la force électromotrice de l'élément.

Ces éléments peuvent se mettre en opposition ou en tension avec une pile quelconque, tout comme un élément hydro-électrique. Leur force électromotrice se mesure aisément par l'électromètre ; elle dépend : 1° de la nature du gaz qui brûle ; 2° de la nature du métal qui constitue le bec ; 3° de la nature de la surface interne de l'inducteur. Elle est indépendante de la dimension de l'inducteur et de la hauteur de la flamme, pourvu que celle-ci ne dépasse pas $0^{m},01$; quand la flamme est grande, le phénomène devient irrégulier, par suite probablement de la mauvaise conductibilité de la flamme. Voici les nombres trouvés pour quelques éléments (*) :

(*) Il est bien évident que la moindre altération de la surface interne de l'inducteur ou de la surface du bec doit modifier la force électromotrice, comme les altérations de la surface des électrodes modifient la force élec-

					volt
Gaz hydrogène,	bec en laiton,	inducteur	en cuivre	. . . . .	0,30
—	— en laiton,	—	en zinc	. . . . . .	0,88
—	— en zinc,	—	en cuivre	. . . . .	0,09
—	— en platine,	—	en cuivre	. . . . .	0,45
—	— en platine,	—	en platine	. . . . .	0,10
Gaz d'éclairage,	— en platine,	—	en platine	. . . . .	0,94
—	— en platine,	—	en cuivre	. . . . .	1,72
—	— en zinc,	—	en zinc	. . . . . .	1,15

Le pôle positif est au bec, le pôle négatif à l'inducteur; dans tous les cas, le gaz d'éclairage a donné des forces électromotrices beaucoup plus grandes que l'hydrogène.

Nous ne croyons pas que ces forces électromotrices de combustion aient été déjà étudiées ni même signalées nettement.

La résistance de pareils éléments est énorme, bien évidemment; elle a été mesurée par la durée de la charge d'une bouteille de Leyde, de capacité connue. L'armature intérieure était réunie au bec et à l'aiguille de l'électromètre, l'armature extérieure à l'inducteur; on réunissait d'abord les deux armatures, puis on les

tromotrice d'un élément hydro-électrique. La difficulté d'avoir des surfaces métalliques bien nettes, malgré le soin apporté au nettoyage de ces surfaces, ne nous permet de présenter ces nombres que comme une première approximation. Nous avons tenu plus à montrer la régularité du phénomène qu'à chercher la valeur exacte de la force électromotrice dans le cas de métaux d'une netteté irréprochable.

Ce qui rend difficile la recherche de la valeur de la force électromotrice avec des métaux parfaitement nets, c'est que ceux-ci s'altèrent peu à peu pendant la combustion, ce qui est indiqué par une variation régulière des nombres. Cette variation de la force électromotrice était peu accusée avec le gaz d'éclairage, et presque nulle, même pour des becs et des inducteurs en platine. Elle était beaucoup plus notable dans le cas du gaz hydrogène, Ce gaz était préparé par le zinc et l'acide chlorhydrique et, malgré la précaution de le faire passer sur de la potasse, sur de la poudre imbibée d'azotate de plomb, sur de la potasse imbibée d'azotate d'argent et de nouveau sur de la potasse, il gardait encore une légère odeur, due à l'hydrogène arsénié.

isolait et l'on notait toutes les trente secondes la position de l'aiguille.

Désignons, au temps t après l'isolement des deux armatures, par V leur différence de potentiel; désignons par E la force électromotrice de l'élément, par R sa résistance et par r celle du verre de la bouteille, qui était du même ordre de grandeur; soit enfin C la capacité de la bouteille de Leyde : cette capacité était très grande vis-à-vis de celle de l'aiguille.

Pendant le temps dt, la charge de chaque armature est augmentée d'une quantité dq donnée par

$$(1) \qquad dq = \frac{E - V}{R}\,dt - \frac{V}{r}\,dt;$$

on a d'ailleurs

$$(2) \qquad dq = C\,dV,$$

d'où

$$(3) \qquad C\frac{dV}{dt} + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right)V - \frac{E}{R} = 0.$$

La fonction qui satisfait à cette équation différentielle est de la forme

$$(4) \qquad V = A + Be^{-mt}.$$

On a d'ailleurs B = — A, puisque, pour $t = 0$, on a $V = 0$, ce qui donne

$$(5) \qquad V = A(1 - e^{-mt}).$$

Par substitution, on trouve, pour l'expression des constantes A et m,

$$(6) \qquad \begin{cases} m = \dfrac{1}{CR}\left(1 + \dfrac{R}{r}\right), \\ A = \dfrac{E}{1 + \dfrac{R}{r}}. \end{cases}$$

On tire de là

$$(7) \qquad R = \frac{1}{mA}\frac{E}{C}.$$

Trois observations équidistantes, donnant les valeurs de V aux temps t, $t+\theta$ et $t+2\theta$, permettent de déterminer m et ensuite de trouver A. Ces valeurs, étant portées dans la formule (5), ont montré que cette formule représentait d'une façon très exacte la loi du phénomène; les nombres calculés coïncident, aux erreurs d'observations près, avec les nombres observés, même en dehors des nombres choisis pour faire le calcul des constantes.

La connaissance de A et de m, jointe à celle de E et de C, fait connaître la valeur de R.

On a trouvé ainsi, pour la résistance de l'élément, pour une flamme de gaz d'éclairage de $0^m,01$ de haut, dans le cas : 1° d'un inducteur en zinc, de $0^m,13$ de diamètre et de $0^m,30$ de haut, environ 115.000 mégohms; 2° d'un inducteur aussi en zinc, mais de diamètre et de hauteur moitié moindres, 69.000 mégohms : la résistance diminue avec les dimensions de l'inducteur.

L'explication des phénomènes qui se produisent dans ces piles d'un nouveau genre nous paraît assez simple. Tant que les particules gazeuses qui s'échappent de la région conductrice de la flamme ne sont pas au même potentiel que l'air qui les environne, elles se chargent et emportent de l'électricité; le potentiel de la flamme varie par là jusqu'à ce que les gaz, en quittant la flamme, aient le même potentiel que l'air ambiant, et, par conséquent, que la couche d'air qui recouvre la partie interne de l'inducteur.

Si cette explication est exacte, on doit trouver, pour la différence des forces électromotrices correspondant

à deux inducteurs de natures différentes dans lesquels brûle le même gaz à l'extrémité du même bec, une valeur égale à celle de la différence de potentiel des couches électriques qui recouvriraient les surfaces internes de ces deux inducteurs si on les mettait en communication métallique. C'est bien en effet ce qui a lieu en gros. Si ces nombres trouvés pour la différence des forces électromotrices ne sont pas identiques à ceux que nous avons obtenus par une autre méthode bien plus précise pour la différence de potentiels apparents de deux métaux au contact (*), cela nous paraît tenir simplement au défaut de netteté de la surface des inducteurs en cuivre ou en zinc qui s'altéraient assez rapidement par le fait même de la combustion.

Tant que la flamme n'est pas au même potentiel que la couche d'air qui couvre l'inducteur, cette couche et la flamme sont chargées d'électricités contraires; les particules gazeuses, en quittant la flamme et emportant son électricité, sont attirées par l'inducteur et le déchargent. Cet écoulement d'électricité, dû à son transport par les particules gazeuses, doit être d'autant plus considérable, que la charge des particules est plus grande et que la force électrique qui les attire est plus considérable; or, pour une même différence de potentiel entre la flamme et l'inducteur, cette charge et cette force augmentent quand la distance entre la flamme et l'inducteur diminue. Ainsi s'explique la moindre résistance des éléments à petites dimensions.

II. La disposition qui nous a servi à étudier la rapidité avec laquelle une flamme obéit aux variations de poten-

(*) *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. XXIV, 1881.

tiel de l'air ambiant nous a servi aussi à faire la même étude pour les appareils à écoulement d'eau. On sait que ces appareils, imaginés par sir W. Thomson, sont constamment employés dans les observatoires météorologiques.

Nous avons reconnu ainsi que ces appareils mettent un temps assez long à charger l'aiguille de l'électromètre au potentiel de l'air. Ainsi, avec un débit de 8 litres d'eau en douze heures, il fallait six minutes pour que l'électromètre accusât les 8/10 de la variation de potentiel produite; avec un débit de 12 litres en douze heures, il fallait cinq minutes pour que l'aiguille accusât la presque totalité de la variation de potentiel.

Du reste, la grosseur des gouttes a évidemment une influence marquée sur la rapidité de l'égalisation de potentiel. Pour une même dépense d'eau, il y a avantage à employer des gouttes fines, car la masse de la goutte varie comme le cube de son rayon, et sa capacité électrique comme la première puissance du rayon.

Cette lenteur des appareils à écoulement est un défaut. De brusques variations dans le potentiel de l'air, suivies d'un brusque retour au premier état, doivent passer inaperçues; les maxima et les minima doivent être diminués.

En résumé, une flamme courte brûlant à l'extrémité d'un bec métallique serait une prise de potentiel bien préférable à un écoulement d'eau. Malheureusement, l'emploi d'une flamme est restreint à la détermination du potentiel d'une masse d'air connue; car, en plein air, le vent éteindrait la flamme. Dans ce cas, il faut bien se servir des appareils à écoulement. Or je crois qu'on remédierait beaucoup à la lenteur des indications en multipliant les orifices d'écoulement (en les dispo-

sant, par exemple, sur le pourtour d'une couronne), et en réduisant convenablement les orifices pour ne pas augmenter la dépense d'eau.

Il nous paraît nécessaire aussi que les orifices d'écoulement soient notablement au-dessous du fond du réservoir d'eau, pour que la diminution de la hauteur du liquide dans le flacon ne fasse pas trop varier le débit : un vase de Mariotte serait très convenable.

Enfin, il ne faut pas oublier que les flammes ou les appareils à écoulement ne donnent le potentiel de l'air qu'à une constante près de l'ordre de grandeur du volt. Cette constante s'élimine si l'on mesure la différence de potentiel de deux couches d'air avec des appareils semblables, mais elle ne s'élimine pas dans d'autres cas.

H. PELLAT.

CHRONIQUE.

Sur deux nouvelles espèces de radiophones.

Par M. E. Mercadier.

On peut diviser les radiophones connus en deux classes :

1° Ceux dans lesquels la transformation d'énergie radiante en énergie mécanique sous forme sonore s'effectue *directement*. Ils se divisent eux-mêmes en trois genres : les *thermophones*, où les radiations thermiques sont principalement en jeu ; tels sont la plupart des gaz et les vapeurs enfermés dans une enveloppe transparente ; en second lieu, les *photophones*, comme la vapeur d'iode et le peroxyde d'azote, dont les vibrations sont surtout excitées par les radiations lumineuses ; enfin les *actinophones*, qui seraient excités par les radiations actiniques ultra-violettes, mais dont on ne connaît encore aucun exemple.

2° Les radiophones qu'on peut appeler *indirects*, dans lesquels la transformation finale d'énergie radiante en énergie sonore exige une ou plusieurs transformations intermédiaires. On n'en connaissait qu'un seul genre, appelé *photophone* par M. G. Bell, dans lequel des radiations intermittentes agissent sur une couche de sélénium, d'alliages de sélénium et tellure, ou de noir de fumée, placée dans un circuit renfermant une pile et un téléphone. En ce cas, on sait que ce sont les radiations *lumineuses* qui agissent principalement, produisant dans le circuit des variations d'énergie électrique, d'où résultent des sons dans le téléphone récepteur. Ces appareils constituent donc en réalité des radiophones indirects photo-électriques ou des *photo-électrophones*.

J'ai réalisé deux espèces nouvelles de radiophones indirects du genre thermique, c'est-à-dire provenant des transformations d'une énergie radiante thermique initiale.

Premièrement, j'ai constaté qu'un microphone est sensible à l'action de radiations intermittentes. Il suffit de prendre un instrument de ce genre, où les supports des charbons sont fixés à une lame ou diaphragme mince de sapin verni, et reliés à un téléphone récepteur avec ou sans bobine d'induction dans le circuit de la pile. En exposant le diaphragme à l'action de radiations intenses, rendues intermittentes, par exemple, à l'aide d'une roue percée d'ouvertures, semblable à celle que j'ai décrite dans les *Comptes rendus* (t. XCI, p. 929 et 982), on entend dans le téléphone des sons dont la hauteur varie d'une manière continue avec la vitesse de la roue, le nombre des vibrations correspondant étant égal à celui des intermittences.

En second lieu, un téléphone transmetteur quelconque est également sensible à la même action produite sur le diaphragme en fer : on entend dans un récepteur des sons analogues aux précédents.

Dans les deux cas, le diaphragme en sapin ou en fer non poli doit nécessairement vibrer en absorbant superficiellement les radiations *thermiques*, et constituant ce que j'ai appelé un *thermophone*, ainsi que je l'ai montré il y a quatre ans (Voir les *Comptes rendus*, loc. cit.). Mais, en outre, il résulte de ses vibrations une seconde transformation d'énergie. Dans le cas de microphone il se produit en effet des variations dans l'énergie électrique du circuit : les sons entendus dans le téléphone récepteur peuvent donc être qualifiés de thermo-électrophoniques, et l'appareil lui-même est un *thermo-électrophone* (*). Dans le cas du téléphone, c'est l'énergie magnétique du champ de l'aimant qui varie : les sons du récepteur peuvent donc être appelés *thermo-magnétophoniques*, et l'appareil ainsi employé constitue un *thermo-magnétophone* (*).

L'intensité des effets ainsi produits, toutes choses égales d'ailleurs, peut être augmentée de plusieurs manières :

1° En enfumant la surface des diaphragmes en bois ou en

(*) Il va sans dire que dans ces dénominations on ne tient pas compte des transformations d'énergie qui se produisent comme d'habitude dans le récepteur téléphonique; car il n'est considéré et employé ici que comme un moyen de mettre en évidence des mouvements vibratoires infiniment petits.

fer, moyen de renforcement que j'ai déjà indiqué pour tous les effets thermophoniques directs;

2° En multipliant en quelque sorte l'effet de la surface absorbante enfumée par celle d'une couche d'air, mise ainsi en vibration dans une cavité fermée par une lame de verre ou de mica, et disposée en avant du diaphragme;

3° En augmentant l'intensité de la source radiante. Faibles avec la lumière oxhydrique, les effets sont assez intenses avec la lumière électrique, et plus encore avec la lumière solaire (*).

On peut dans un appareil simple condenser pour ainsi dire deux effets thermophoniques directs, et l'effet indirect thermo-magnétophonique. On prend un téléphone quelconque à diaphragme enfumé, on le recouvre d'un cylindre formant une chambre à air fermée par une lame de verre, et percée, en avant du diaphragme, d'une ouverture latérale à laquelle on adapte un tuyau acoustique; un second tuyau est fixé à une ouverture pratiquée dans la monture du téléphone, en arrière du diaphragme; enfin on relie les bouts de l'hélice à un téléphone récepteur. En approchant de l'oreille les deux tuyaux et le récepteur, on entend : par le premier tube, les sons thermophoniques de l'air en avant du diaphragme; par le second tube, les sons thermophoniques de l'air intérieur de l'instrument; par le récepteur, les sons thermo-magnétophoniques. Comme cela doit être, on observe que ces derniers, résultant de plusieurs transformations d'énergie, sont moins intenses que les deux autres.

(*Comptes rendus.*)

(*) Je pense qu'il sera possible, avec une radiation solaire intense, de reproduire avec ces appareils la parole articulée, en employant la méthode qui m'a déjà réussi pour les thermophones à air et noir de fumée (voir *Journal de physique*, t. X, 1881); mais je suis forcé d'attendre pour cela un temps favorable.

Sur la gutta-percha de Bassia (*Butyrospermum Parkii*, G. Don) et sur sa composition chimique.

Par MM. Ed. Heckel et Fr. Schlagdenhauffen.

Dans une note précédente (*Comptes rendus*, 11 mai 1885 (*), p. 1239, n° 19), M. Heckel a fait connaître la possibilité d'obtenir de l'arbre à Karité (*Butyrospermum Parkii*, Kotschy) un latex coagulable en une gutta-percha comparable à celle du *Dichopsis gutta*, Bauth. (*Isonandra gutta*, Hooker), et l'a terminée en annonçant pour une communication ultérieure la connaissance des propriétés physiques et de la composition chimique de ce produit, comparées à celles du latex d'Isonandra. Le but de la note actuelle est de remplir cette promesse.

La gutta de *Bassia Parkii* se présente en masses serrées, denses; elle est fibreuse et comparable, comme structure et résistance, à la gutta rouge de Bornéo. Sa densité est représentée par 0,976, tandis que Payen indique 0,975 à 0,980 pour la densité de la gutta commerciale. Elle s'électrise aussi facilement que la première par le frottement et peut donc, au même titre que celle-ci, servir de corps isolant.

Elle se ramollit dans l'eau chaude de la même façon que la gutta ordinaire et devient adhésive comme elle à la température voisine de l'ébullition.

Au point de vue chimique, il existe cependant quelques différences, car les deux produits ne se comportent pas d'une manière identique à l'égard des dissolvants. La gutta de Bassia, traitée par l'*éther de pétrole*, l'*éther ordinaire*, la *térébenthine*, l'*acide acétique bouillant*, cède à ces véhicules moins de principes solubles que la gutta ordinaire; en outre, les liquides évaporés n'abandonnent pas des produits identiques. Les résidus de la gutta de Bassia sont poisseux, tandis que ceux de la gutta commerciale constituent pour ainsi dire un vernis sec non adhésif.

Mais l'identité est à peu près parfaite au point de vue de

(*) Voir *Annales télégraphiques*, septembre-octobre 1885.

la solubilité dans le *sulfure de carbone*, le *chloroforme*, la *benzine*, l'*alcool froid* ou *bouillant*.

Pour compléter cette étude préliminaire, nous avons appliqué à nos divers échantillons le mode d'analyse indiqué par Payen, consistant à laisser macérer la substance dans l'alcool à 95 degrés, à la faire bouillir ensuite dans le même véhicule et à évaporer dans chacun de ces cas la partie dissoute. La première opération enlève la *fluavile*, résine jaunâtre et diaphane qui devient pâteuse à 60 degrés et entièrement fluide à 100 degrés. La seconde dissout l'*albane*, résine cristalline fusible seulement à 160 degrés. La partie non dissoute après les deux opérations constitue alors la gutta.

De l'ensemble de ces résultats il est permis de conclure à l'identité approchée des deux produits. Néanmoins, pour justifier cette manière de voir, il fallait encore la consécration expérimentale.

Un ouvrier qui ne s'occupe durant toute l'année que de la confection des moules pour la galvanoplastie a bien voulu, avec l'autorisation de M. le directeur de la grande imprimerie Berger-Levrault (de Nancy), en faire l'essai. Il en résulte que la gutta de Bassia se laisse malaxer dans l'eau avec la même facilité que les échantillons types du commerce, et en second lieu que les moules obtenus ne le cèdent en rien à ceux que l'on prépare avec les meilleures guttas de Paris.

L'avenir de la gutta de *Bassia Parkii* pour les emplois industriels semble donc assuré, et si nous nous en rapportons à certains renseignements qu'a bien voulu nous transmettre M. Daruty, le savant et zélé président de la Société d'acclimatation de l'île Maurice (Mascareignes), il y a lieu de supposer que d'autres Bassia, notamment *Bassia longifolia*, sont capables de donner un bon produit. Il reste à savoir si le latex sera suffisamment abondant pour une exploitation bien rémunératrice et si les difficultés d'exploitation et d'extraction seront facilement vaincues.

(*Comptes rendus.*)

Nécrologie.

M. HUMBLOT.

La mort de M. Pierre-César Humblot, contrôleur à l'École supérieure de télégraphie, presque inopinément décédé le 14 décembre dernier, à l'âge de cinquante ans, a causé une douloureuse émotion dans tous les rangs de l'administration des postes et des télégraphes.

Esprit ingénieux, travailleur obstiné et infatigable, M. Humblot ne devait qu'à lui-même et à sa patiente volonté l'instruction scientifique qu'il s'était acquise. Il avait le goût, la passion des inventions, et l'on peut dire, sans rien exagérer, qu'il avait voué sa vie à la science de l'électricité.

Parmi tant de travaux qui attestent à la fois son habileté et sa fécondité, nous rappellerons :

L'invention d'un système de télégraphie optique reposant sur l'emploi du magnésium (1870);

L'application des propriétés du chlorure de cobalt à une sorte de petit baromètre dit *fleurs barométriques* (1871);

Le parleur militaire (1874);

Une réduction à très petit modèle de la turbine du système Fourneyron, qui en fait un moteur applicable aux appareils Hugues (1877);

Un projet très original de microphone à pastilles de charbon (1878);

Une machine électrique à plateau condensateur (1873) et une nouvelle machine électrique reversible, de petit modèle et très simple (1881), qui ont valu à M. Humblot une médaille d'argent à l'Exposition d'électricité de 1881;

De concert avec M. Terral aîné, un appareil destiné à démontrer la théorie de la transmission Duplex en pont, qui a également figuré à l'Exposition de 1881, et pour lequel les inventeurs ont obtenu collectivement une médaille de bronze;

Un petit moteur électrique actionné au moyen d'une dériva-

tion de courant prise sur une forte machine dynamo, présenté à l'exposition de la Société d'électricité en 1884.

En 1882, l'administration avait confié à M. Humblot l'installation de cent vingt turbines dans les nouvelles salles du Poste-Central, et elle venait d'adopter son moteur électrique, destiné à remplacer les turbines hydrauliques, lorsque la mort est venu frapper ce laborieux et regretté fonctionnaire.

A. C.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME XIIe. — ANNÉE 1885.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

Numéro de Novembre-Décembre.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE

DES MATIÈRES.

TOME XII[e]. — ANNÉE 1885.

FIN DES TABLES.

